

Aprendendo a construir explicações científicas: uma análise do cotidiano da sala de aula de ciências

Learning to construct scientific explanations: an analysis of everyday life in the Science classroom

Aprender a construir explicaciones científicas: un análisis de la vida diaria del aula de Ciencias

Thalita de Oliveira Carneiro^I

Luiz Gustavo Franco^{II}

Ana Paula Souto Silva Teles^{III}

Santer Alvares de Matos^{IV}

RESUMO

Esta pesquisa analisa como estudantes de uma turma do oitavo ano do Ensino Fundamental propuseram e revisaram explicações para um fenômeno em aulas de ciências. Orientados pela Etnografia em Educação, construímos dados com base em observações do cotidiano dessa turma e analisamos conexões entre textos, contextos e eventos. Os resultados indicam o papel do professor sobre o caráter provisório e incerto conferido às explicações científicas; o uso de discussões — ora em grupo, ora com toda a turma — como recurso por meio do qual os estudantes validaram (ou não) suas explicações; além das interpretações dadas pelos estudantes às relações entre dados e explicações em construção. Esses recursos deram forma às práticas de propor/revisar explicações, o que foi evidenciado por mudanças nas propostas explicativas ao longo dos eventos. O estudo oferece contribuições à área de pesquisa de Educação em Ciências e implicações para a prática pedagógica.

Palavras-chave: Explicações Científicas. Sala de Aula. Etnografia em Educação. Aprendizagem de Ciências.

ABSTRACT

This paper analyzes how 8th graders proposed and revised explanations for a phenomenon in Science lessons. Guided by Ethnography in Education, we gathered data from observations of the daily life of these lessons and analyzed connections between texts, contexts and events. The results indicate the teacher's role on the provisional and uncertain character given to scientific explanations; the use of discussions — sometimes in groups, sometimes with the whole class — as a resource through which students validated (or not) their explanations; and the interpretations given by students to the relationships between data and explanations under construction. These resources shaped the

^IUniversidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: thalitaocarneiro@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-5537-3483>

^{II}Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: luiz.gfs@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-1009-7788>

^{III}Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: anapaulasoutos@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-8574-9832>

^{IV}Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: santer@ufmg.br  <https://orcid.org/0000-0002-7890-8655>

practices of proposing/reviewing explanations, which were evidenced by changes in explanatory proposals throughout events. The study offers contributions to the research area of Science Education and implications for pedagogical practice.

Keywords: Scientific Explanations. Classroom. Ethnography in Education. Science Learning.

RESUMEN

Esta investigación analiza cómo los estudiantes de una clase de la escuela secundaria de octavo grado propusieron y revisaron explicaciones para un fenómeno en ciencias. Guiados por Etnografía en la educación, construyeron datos a partir de observaciones de la vida diaria de esta clase y analizaron las conexiones entre textos, contextos y eventos. Los resultados indicaron el rol del docente sobre el carácter provisional e incierto que se le da a las explicaciones científicas; el uso de discusiones — *a veces en equipos, a veces con toda la clase* — como recurso a través del cual los estudiantes validaron (o no) sus explicaciones; y las interpretaciones dadas por los estudiantes a las relaciones entre datos y explicaciones en construcción. Estos recursos dieron forma a las prácticas de proponer/revisar explicaciones, lo que se evidenció mediante cambios en las propuestas explicativas a lo largo de los eventos. El estudio ofrece contribuciones al área de investigación de la Educación Científica e implicaciones para la práctica pedagógica.

Palabras Clave: Explicaciones Científicas. Salón de Clases. Etnografía en la Educación. Aprendiendo Ciencia.

INTRODUÇÃO

A Educação em Ciências vive uma crise histórica. Em tempos de pandemia, recusas ao uso de máscaras, ao distanciamento social ou à imunização vacinal fizeram professores e pesquisadores questionarem-se sobre o seu papel diante do declínio da confiança pública na ciência (Erduran, 2021). Pessoas adultas defendem que a Terra é plana e, a despeito daquilo que ouviram na escola quando crianças, apresentam explicações próprias para fenômenos como pôr do sol, fases da lua e eclipses (Tang, 2021). Nesse contexto, não parece suficiente garantir que crianças e adolescentes apenas aprendam a fornecer as explicações científicas sobre determinados temas como imunologia, esfericidade do planeta ou mudanças climáticas.

A literatura da área mostra que explicações científicas aparecem de duas formas majoritárias em sala de aula (Braaten e Windschitl, 2011; Tang, 2021). A primeira, mais recorrente, tem como objetivo o acesso dos estudantes às explicações que a ciência construiu acerca de determinado assunto. Há uma ênfase no ensino declarativo das explicações que, em geral, são informações descritivas de fenômenos naturais (McCain, 2015). A segunda tem como objetivo promover a construção de explicações científicas pelos próprios estudantes. Nesse caso, há uma ênfase nas relações entre explicações e evidências (Duschl, Avraamidou e Azevedo, 2021). Há um consenso na área de que a primeira forma de ensinar explicações se revelou limitada quando não articulada à segunda (Duschl, 2008).

Parte significativa dessas pesquisas busca compreender como o professor pode oferecer um suporte capaz de auxiliar os estudantes na proposição/revisão de explicações. Esses estudos analisam ferramentas instrucionais¹ elaboradas com o objetivo de ensinar a construir explicações orientadas por modelos científicos de explicação (McCain, 2015). Uma segunda frente de estudos

1 Exemplos: Método *Decision/Explanation/Observation/Inference* — DEOI (Van Duzor, 2016); *Premise/Reasoning/Outcome* — PRO scaffold (Tang, 2016); *Phenomenon-Theory-Data-Reasoning* — PTDR (Yao e Guo, 2017); *Explanation Tool* (Braaten e Windschitl, 2011).

tem como enfoque a análise do impacto de determinadas propostas curriculares nas explicações dos estudantes. Essas pesquisas implementam um tipo de currículo e avaliam o seu potencial na melhoria das explicações em aulas de ciências (McNeill e Krajcik, 2006; Songer e Gotwals; 2012).

Por fim, uma terceira frente busca analisar a qualidade das explicações dos estudantes. Seus resultados indicam diversos desafios que estudantes encontram ao se engajar na elaboração e na revisão de explicações, por exemplo:

1. A tendência em reduzir a complexidade das informações com que estão lidando, buscando enquadrar os dados em explicações simplificadas e de senso comum (Zangori, Forbes e Schwarz, 2015; Andrade, Freire e Baptista, 2019);
2. A ausência de dados capazes de sustentar as explicações (Songer e Gotwals, 2012; Seah, 2016);
3. A ausência de outros componentes básicos, além de dados, para elaborar o que é considerada uma boa explicação científica (Yeo e Gilbert, 2014);
4. A fragilidade na articulação entre dimensões importantes de uma explicação científica, como embasamento conceitual, relações de causalidade e níveis de representação (Faria *et al.*, 2014; Zangori, Forbes e Schwarz, 2015); e
5. A falta de consistência ao revisar as explicações (Kang, Thompson e Windschitl, 2014).

Apesar dos avanços alcançados no campo, ainda sabemos pouco sobre *como* os estudantes começam a construir explicações em aulas de ciências, tendo em vista seus modos próprios de explicar fenômenos. Grande parte dos estudos dá maior visibilidade àquilo que é desafiante para os estudantes quando tentam elaborar/revisar explicações. Além disso, poucos estudos têm desenvolvido análises que articulam múltiplas fontes de dados obtidas do cotidiano da sala de aula (McCain, 2015). Neste estudo, buscamos contribuir para a literatura analisando como uma turma do oitavo ano do Ensino Fundamental elaborou e revisou explicações sobre um fenômeno natural. Analisamos este processo à luz de conexões propostas pelos próprios participantes no cotidiano, utilizando diferentes fontes de dados.

MARCOS TEÓRICOS: EXPLICAÇÕES EM AULAS DE CIÊNCIAS

Explicar fenômenos naturais é um dos objetivos primários da ciência. Todavia, construir explicações não é algo restrito à atividade científica. Pelo contrário, é uma atividade ubíqua na vida humana (McCain, 2015), pois, cotidianamente, buscamos explicações para aquilo que vivemos.

Na ciência, explicações ganham contornos específicos e a Filosofia da Ciência oferece apontamentos relevantes nesse sentido. Em 1948, Hempel e Oppenheim propuseram que as explicações científicas buscariam caracterizar fenômenos particulares com base em leis gerais (Hempel e Oppenheim, 1948). Isto é, para tentar explicar eventos do mundo natural, os cientistas olhariam para leis naturais capazes de explicá-los com o uso de resultados lógicos e padrões bem estabelecidos na natureza. Uma visão alternativa a esse modelo dedutivo de explicação foi o modelo proposto por Kitcher (1989). Essa perspectiva defende que a explicação científica é construída por meio da unificação de fenômenos aparentemente desconexos. Assim, o uso das mesmas leis gerais aplicado a fenômenos diferentes e em contextos distintos sinalizaria o potencial de uma explicação na ciência.

Outro aspecto relevante nesses modelos é o papel das relações causais entre os eventos investigados pela ciência (Rodrigues e Pereira, 2018). Nesse sentido, Salmon (1989) sugere que explicações científicas devem incluir relações causais como um atributo que confere maior poder explicativo. Esse tipo de relação é identificado quando um sistema apresenta uma nova característica/comportamento que não ocorreria se a relação não tivesse existido.

Na área de Educação em Ciências, há uma diversidade de propostas sobre o que conta como uma explicação em uma aula de ciências (McCain, 2015; Andrade, Freire e Baptista, 2019). Apesar disso, tanto em pesquisas quanto em documentos curriculares, há um sentido compartilhado de que

uma explicação na aula de ciências é um relato causal que vai além da descrição de um fenômeno e busca esclarecer como e por que um fenômeno ocorre (McCain, 2015; Tang, 2016).

Pesquisadores também têm proposto modelos analíticos apoiados na identificação de certos elementos no conteúdo das explicações dos estudantes, como a presença de componentes básicos (Andrade, Freire e Baptista, 2019); o nível de precisão, abstração e complexidade (Yeo e Gilbert, 2014); ou a tipologia explicativa, orientada por modelos canônicos de explicações científicas (Braaten e Windschitl, 2011). Tais análises, portanto, estão mais direcionadas para o conteúdo das explicações.

Todavia, do ponto de vista analítico, elas podem nos privar de alguns aspectos relevantes sobre as explicações enquanto *processo de construção*. Para refletir sobre essa perspectiva, partimos de discussões de Gee (2011). O autor propõe distinções entre análises com maior ênfase no conteúdo de um discurso daquelas que prestam mais atenção à sua estrutura. Esta se refere aos modos como determinadas estruturas discursivas funcionam e fazem sentido quando usadas em contextos específicos (Gee, 2011). Alguns exemplos do autor são úteis a essa reflexão. Gee (2011) apresenta duas afirmações: “1. *Lagartas com certeza variam no quão bem elas podem crescer e 2. O crescimento de lagartas exhibe uma quantidade significativa de variação*” (Gee, 2011, p. 9). A atenção à estrutura do discurso pode nos ajudar a compreender questões que vão além do que o conteúdo é capaz de revelar. A estrutura das duas afirmações oferece-nos exemplos de maneiras distintas de dizer coisas que equivalem a diferentes formas de fazer e ser no mundo. Imaginemos uma terceira afirmação: “*O crescimento de lagartas, com certeza, exhibe uma quantidade significativa de variação*” (Gee, 2011, p. 10). A estranheza que experimentamos ao lê-la decorre da mistura de elementos estruturais que provêm de contextos distintos. De um lado, uma estrutura informal, que usamos no dia a dia (afirmação 1). Do outro, uma estrutura objetiva e não emotiva (afirmação 2). Misturá-las quebra as “regras do jogo”, porque a voz científica estaria incorporando uma expressão entusiasmada. Esse exemplo enfatiza a estrutura discursiva de uma explicação e não apenas seu conteúdo.

Na escola, ao serem colocados diante de uma tarefa de explicar algo cientificamente, os estudantes não ignoram essas estratégias. Eles mobilizam essas formas de explicar que não necessariamente se encaixam naquilo que consideramos como estrutura científica. Negligenciar tais estratégias significa abdicar de parte importante de como os estudantes estabelecem conexões entre seus repertórios individuais e coletivos com aquilo que está sendo proposto nas aulas de ciências. Assim, a perspectiva dos participantes ganharia maior visibilidade se nossas análises considerassem o *que* os estudantes dizem ao propor/revisar explicações (conteúdo do discurso) à luz dos *modos com os quais* os estudantes dizem em seus contextos de inserção (estrutura do discurso).

Nessa mesma direção, buscamos uma definição mais ampla de explicação. Nosso objetivo foi ampliar a visibilidade daquilo que os estudantes fazem ao iniciar um esforço coletivo na elaboração/revisão de explicações em aulas de ciências. Utilizamos as ideias de Jaegwon Kim para orientar nossa concepção de explicação. Para este filósofo, explicações são conjuntos de proposições que fornecem informações sustentadas por relações de dependência entre o *explanans* (as proposições que compõem a explicação) e o *explanandum* (o fenômeno sendo explicado)² (Kim, 1994, p. 68).

Com essa definição, tivemos a oportunidade de identificar explicações que os estudantes forneciam, sem considerar, necessariamente, se havia nelas elementos como relações causais, menção a evidências, ou outras categorizações e tipologias definidas *a priori*. Concordamos com McCain (2015), quando argumenta que a definição de Kim (1994) mantém abertas as possibilidades de relações de dependência entre os componentes de uma explicação. A dependência causal ou dedutiva, ambas importantes para a Educação em Ciências, constitui tipos de relação, mas não são as únicas a serem consideradas. Dessa forma, outros tipos de relação, comuns no cotidiano dos

2 A distinção entre *explanans* e *explanandum* foi originalmente proposta no trabalho seminal de Hempel and Oppenheim (1948).

estudantes, também são parte importante na construção de uma explicação em aulas de ciências. Essa proposta foi importante para realizarmos um mapeamento das explicações construídas em sala de aula, buscando valorizar não apenas as expectativas instrucionais das aulas, mas os significados compartilhados pelos próprios estudantes.

Utilizamos dados de interações discursivas e artefatos produzidos por estudantes em uma sequência de aulas de ciências. Nosso desenho de pesquisa foi elaborado com base na localização de um evento-chave no qual a turma construía suas propostas de explicação para o fenômeno em um texto escrito. Selecionamos o texto de uma estudante, Mariana, a fim de mapear os processos de elaboração/revisão de explicações vivenciados pela turma ao longo dessas aulas. Exploramos elementos desse texto, orientando-nos pelas seguintes questões de pesquisa:

1. *Que recursos disponíveis no plano social do grupo deram forma à construção da explicação da estudante?*
2. *De que modo o uso desses recursos estava articulado à proposição/revisão de explicações nas aulas de ciências?*

ORIENTAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS

A ETNOGRAFIA EM EDUCAÇÃO COMO LÓGICA DE PESQUISA

Esta pesquisa é de natureza qualitativa e buscou se apoiar em ferramentas e pressupostos da Etnografia em Educação (Green, Dixon e Zaharlic, 2005). Com esse olhar teórico-metodológico, compreender o que foi dito/escrito em sala de aula demanda analisar não somente do conteúdo das palavras, mas as interações com o contexto de inserção. Esse tipo de perspectiva está baseado em concepções bakhtinianas de discurso (Bakhtin, 1981) como algo que não se restringe à palavra dita/escrita, mas como ato que reflete ou refrata atos precedentes.

Cada comunidade local desenvolve uma linguagem com características únicas, conectando textos, contextos e eventos em seu cotidiano (Bloome *et al.*, 2008). Feitas essas conexões, modos de escrever e falar ciências em sala de aula são discursivamente construídos nesses espaços (Kelly e Green, 2019). A etnografia em educação busca compreender tais conexões com base nas propostas de *intertextualidade* e *intercontextualidade* (Bloome *et al.* 2008).

Bloome e Egan-Robertson (1993) definem intertextualidade como uma justaposição de textos. Para esses autores, texto inclui a linguagem escrita, oral, pictórica, eletrônica, além de elementos que, em geral, podem não ser associados a textos (e.g. arquitetura, fotos e gráficos). Uma palavra, uma frase ou outro recurso linguístico em um texto está conectado a outro texto, dois ou mais textos que se relacionam por compartilharem um mesmo referente, ou porque são do mesmo gênero, do mesmo ambiente, ou porque um texto leva a outro (Bloome *et al.*, 2008). No cotidiano de um grupo social, relações intertextuais são continuamente propostas, reconhecidas e confirmadas/contestadas por seus membros.

Apoiada nessa concepção de intertextualidade, Floriani (1994) propõe a noção de intercontextualidade. Para a autora, contextos e eventos do cotidiano de um grupo podem ser justapostos e evocados interacionalmente por seus membros. Contextos, nesse caso, referem-se a múltiplas camadas da vida social de um grupo, envolvendo “elementos históricos (relacionados a eventos passados e futuros), múltiplos (incluindo contextos potencialmente contraditórios e controversos) e em múltiplos níveis, bem como interativos (contextos afetam uns aos outros)” (Bloome *et al.*, 2008, p. 37). Nesse sentido, as tarefas, aulas, ou eventos particulares da vida de uma turma são considerados contextos do cotidiano da sala de aula. Esses textos e contextos são recursos discursivos disponíveis no plano social do grupo para a construção de práticas cotidianas.

Neste artigo, voltamo-nos para as práticas de elaboração e revisão de explicações em aulas de ciências, buscando mapear textos, contextos e eventos que deram forma à sua construção entre

estudantes de uma turma do oitavo ano do Ensino Fundamental. Esses construtos são relevantes para nossa pesquisa, pois podem ressaltar relações que têm significância social para os participantes dessa turma. Desse modo, damos visibilidade à forma como os próprios estudantes se apropriam de práticas que estão sendo propostas nas aulas de ciências como recursos para a construção de conhecimentos.

A TURMA INVESTIGADA E AS AULAS DE CIÊNCIAS

O estudo envolveu uma escola da Educação Básica do sudeste do Brasil, responsável pelo Ensino Fundamental. Nosso grupo de pesquisa acompanhou duas turmas dos anos finais desta etapa, entre o sétimo e o nono ano (2018–2019–2020–2021).

Neste artigo, utilizamos dados de uma dessas turmas quando estava no oitavo ano. A turma possuía, na época, 26 alunos, 13 meninos e 13 meninas, com uma caracterização étnica e socioeconômica heterogênea. O professor da turma, Sandro³, é formado em Ciências com habilitação em Biologia e possui cerca de 20 anos de experiência. Sandro possui uma formação voltada para a Educação em Ciências, com mestrado e doutorado relacionados a esta área. As aulas analisadas neste estudo foram desenvolvidas quando a turma estudava o corpo humano, especificamente os conteúdos relativos ao sistema nervoso (Quadro 1).

As últimas cinco aulas desse conteúdo foram planejadas partindo de orientações do ensino de ciências por investigação (Pedaste *et al.*, 2015; Carneiro *et al.*, 2020) (Figura 1). Os objetivos instrucionais envolviam engajar os estudantes no uso de conhecimentos conceituais sobre o sistema nervoso, de modo articulado a práticas dos domínios epistêmico e social da ciência (Duschl, 2008). As atividades envolveram o engajamento dos estudantes em discussões sobre uma questão de caráter investigativo, a elaboração de explicações para o fenômeno em estudo, seguida de análises de um banco de dados sobre o fenômeno.

CONSTRUÇÃO DOS DADOS E PROCESSOS ANALÍTICOS

A produção de dados ocorreu por meio de observação participante das aulas de ciências (Spradley, 1980), registro em caderno de campo, gravações em áudio/vídeo das aulas e coleta de artefatos (Green, Dixon e Zaharlic, 2005). As análises, por sua vez, envolveram dois níveis: macroscópico e microscópico (Castanheira *et al.*, 2001).

Utilizando representações macroscópicas do cotidiano da turma, construímos uma visão mais ampla do cotidiano da turma. Construímos um Quadro de Aulas com informações gerais sobre as aulas de ciências ao longo do ano de 2019. Nessa representação, identificamos a temática central de cada aula, as atividades propostas pelo professor, abordagens utilizadas, bem como características interacionais das aulas. Fizemos, então, um recorte conforme os objetivos desta pesquisa e orientados pelas características do grupo investigado. Utilizando o Quadro de Aulas, identificamos eventos nos quais os estudantes tentavam elaborar e/ou revisar explicações (Kim, 1994) em sala de aula (Figura 2).

Desse conjunto de eventos, voltamo-nos para as cinco aulas sobre a “dor do membro fantasma”, ocorridas entre junho e julho de 2019. Tomamos esta decisão porque tais aulas constituíram um primeiro momento, no qual identificamos o engajamento dos estudantes na proposição de explicações em ciências. Até aquele ponto, o contexto instrucional das aulas de ciências estava pautado na apresentação de explicações à turma pelo professor e não na elaboração/análise das explicações pelos próprios estudantes.

Esse aspecto da história do grupo nos deu indícios das potencialidades analíticas das aulas. Segundo a Etnografia em Educação, eventos que demarcam o início de determinadas práticas

3 Pseudônimos foram utilizados para identificar professor, pesquisadores e estudantes. O projeto passou por aprovação do Conselho de Ética da instituição competente, prezando pelos princípios éticos da pesquisa com seres humanos.

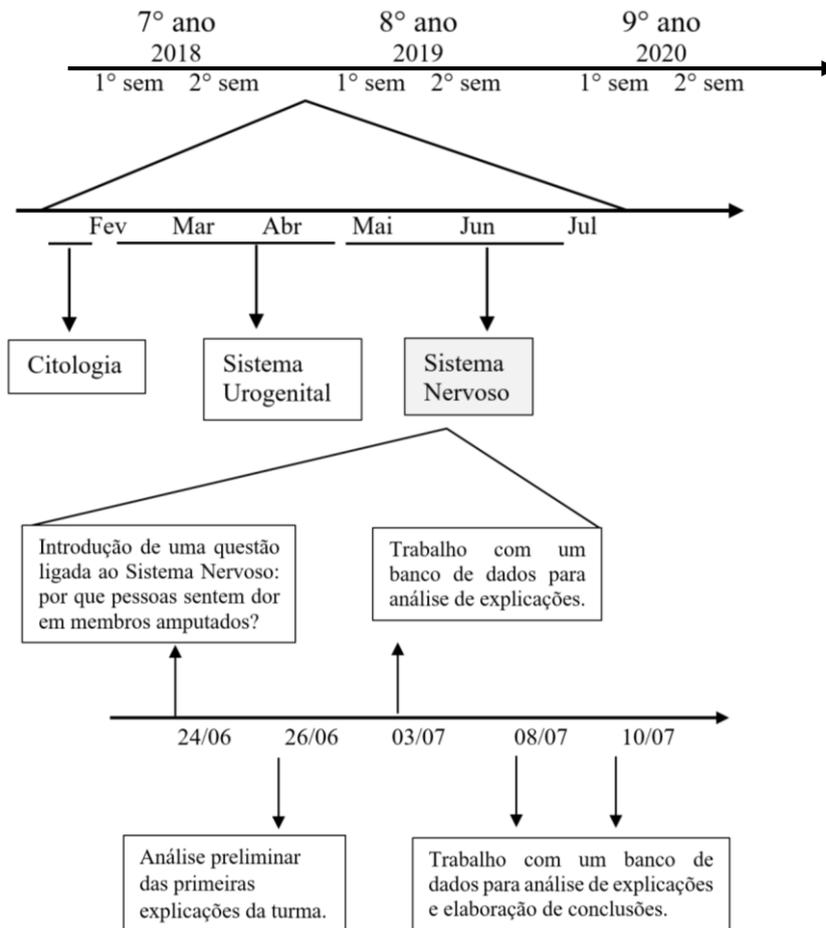
Quadro 1 – Evento 1.1.

Linha	Falante	Fala
1	Professor	Por que será que ela sente essa unha encravada pisada no pé ↑
2	Bárbara	O psicológico dela I
3	Professor	O psicológico ↑
4	Bárbara	Se ela pensa que tem uma unha ali I
5	Professor	An ↑
6	Bárbara	Eu acho assim I
7		Se ela pensa que tem uma unha ali I
8		Ela vai falar I
9		Não I
10		Ali deveria estar uma unha I
11		E aí I
12		Alguém vai lá e pisa I
13		Eu acho que já está programado para ela saber que alguém pisou I
14		Mesmo não tendo uma perna I
15		Não sei I
16	Eu acho que I	
17	Professor	Será ↑
18	Alunos	XXXX <i>conversam ao mesmo tempo</i>
19	Professor	Breno I
20		O que você acha ↑
21	Breno	XXXX
22		tem uma unha encravada no meu pé I <i>ele gesticula verticalmente, com a mão aberta e os dedos afastados, acompanhando cada palavra da frase</i>
23		XXXX
24		o dedo do pé doendo I
25		Não I
26		ela tem uma unha encravada no pé I <i>expressão de surpresa</i>
27	Professor	Vamos ouvir aqui I
28	Jonas I	
29	Jonas	O tecido nervoso não é esticado assim ↑ <i>faz um gesto como se tivesse mostrando uma linha na vertical usando as mãos</i>
30	Professor	A medula I
31		Ne ↑
32	Jonas	Não I
33		O+ axônio lá I
34	Professor	Hu+m I
35	Jonas	Aí I
36		Então I
37		O médico deve ter cortado I <i>faz gesto de corte de tesoura no ar</i>
38		Aí cortou lá um nervo só que ficou uns I
39		Uma célula nervosa lá I <i>com as mãos faz um gesto indicando um novelo</i>
40		Aí sobe lá I
41		Não sei I
42	Professor	É outra hipótese I
43	Pierre	Professor I
44		Eu sei o que que é I
45	Professor	Hum I
46		Pierre I
47	Pierre	Para transmitir os impulsos nervosos I
48		Tem aquele espacinho não tem ↑
49		O espacinho dele é maior I
50	Professor	Olha só I
51		Aqui nós já temos algumas hipóteses I

Símbolos usados na transcrição: ↑ aumento da entonação; I pausa; III pausa longa; ▼ volume baixo da fala; + alongamento de vogal, comportamento não verbal em *itálico*; ênfase palavra sublinhada.

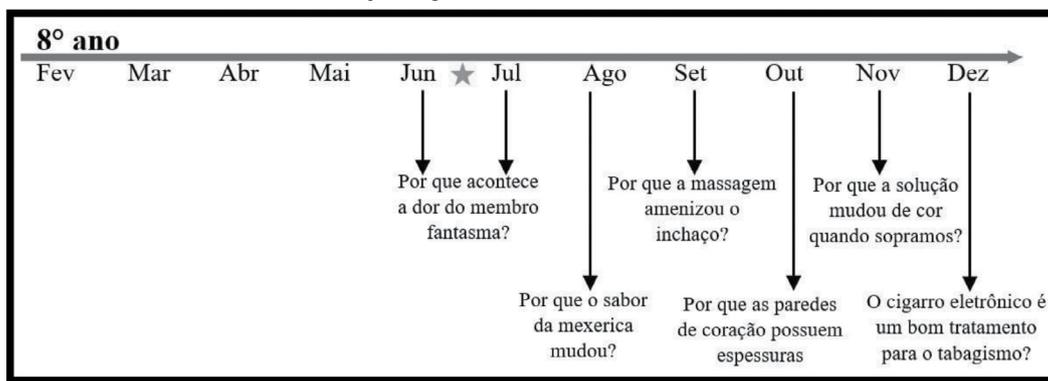
Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 1 – Atividades sobre a dor do membro fantasma no contexto do primeiro semestre de 2019.



Fonte: elaboração dos autores.

Figura 2 – Eventos nos quais identificamos o engajamento dos estudantes na elaboração/revisão de explicações nas aulas de ciências.



Fonte: elaboração dos autores.

cotidianas têm potencial analítico privilegiado. Esses eventos nos possibilitam caracterizar as práticas de proposição/revisão de explicações quando começaram a ser negociadas entre os participantes. Nesse tipo de acontecimento, o modo como os participantes negociam suas rotinas, expectativas, tarefas e papéis torna-se mais visível ao observador (Collins e Green, 1992).

A partir dessa decisão analítica, construímos mapas de eventos de cada uma das cinco aulas sobre a dor do membro fantasma. Nesses mapas, descrevemos ações e reações

relacionadas ao seu engajamento nas práticas de proposição/revisão de explicações. Esse processo analítico nos levou a um novo recorte: a escolha de um evento-chave como porta de entrada para a análise microscópica. Identificamos esse evento nos momentos finais da última aula sobre a dor fantasma, quando o professor pediu que os estudantes redigissem um texto explicando o fenômeno que haviam investigado. O texto produzido por uma das estudantes, Mariana, forneceu elementos reveladores do processo discursivo de construção de explicações nesta turma.

A produção da estudante continha elementos de estrutura e conteúdo (Gee, 2011) indexadores de outros textos, eventos e contextos da turma. Dessa forma, utilizamos o texto de Mariana para ancorar nossas análises, que orientou o mapeamento do cotidiano do grupo. Relações intertextuais e intercontextuais foram mapeadas e utilizadas como evidências para sustentar nossas afirmações sobre como a turma elaborava e revisava explicações em ciências.

Para a análise dos eventos, fizemos a transcrição das interações em unidades de mensagem, identificando as pistas de contextualização da fala (Green e Wallat, 1981). Buscamos caracterizar aspectos não verbais das falas, como alterações de entonação, velocidade da fala, momentos de pausa, olhares, gestos etc. (Gumperz, 1982). Dessa forma, valorizamos o modo como os próprios participantes davam significados às suas falas (Green e Wallat, 1981).

RESULTADOS E ANÁLISES

O TEXTO DE MARIANA

Ao final da última aula sobre a dor do membro fantasma, os estudantes construíram um texto individual para responder à seguinte questão proposta pelo professor: como você explicaria, cientificamente, a dor fantasma para um paciente que está passando por essa situação? Mariana redigiu a resposta que se encontra na Figura 3.

Figura 3 – Texto 5.3 – Explicação elaborada por Mariana.

<p>1 Eu explicaria a dor fantasma, como uma dor 2 gerada a partir da seguinte hipótese: Quando 3 uma pessoa amputa alguma parte do corpo, 4 ocorrem diversas mudanças no funcionamento do 5 cérebro, atividade de neuroplasticidade. Também pode-se 6 associar essa dor a uma memória do cérebro, que 7 pode acabar intensificando a dor, continuando a comu- 8 nicação do cotoco com o sistema nervoso central. 9 Mas a memória relacionada ao cérebro também 10 pode servir como forma de aliviar a dor em 11 alguns tratamentos como no tratamento do 12 espelho, onde POSSIVELMENTE, a memória de 13 ter uma mão conforta a dor sentida. 14</p>	<p>Transcrição: “Eu explicaria a dor fantasma como uma dor gerada a partir da seguinte hipótese: Quando uma pessoa amputa alguma parte do corpo ocorrem diversas mudanças no funcionamento do cérebro, atividade de neuroplasticidade. Também pode-se associar essa dor a uma memória do cérebro, que pode acabar intensificando a dor, e continuando a comunicação de cotoco com o sistema nervoso central. Mas a memória relacionada ao cérebro também pode servir como forma de aliviar a dor em alguns tratamentos como no tratamento do espelho, onde POSSIVELMENTE, a memória de ter uma mão conforta a dor sentida.”</p>
--	--

Fonte: elaboração dos autores.

O texto de Mariana apontou, logo no início, que a explicação para o fenômeno seria baseada em uma hipótese, associando duas possibilidades: mudanças no funcionamento do cérebro e memória do cérebro. Esta poderia agir de modo a intensificar ou amenizar a dor. Ao final do texto, ela deu visibilidade ao termo *possivelmente*, escrito em caixa alta. Considerando-se a construção dessa explicação como um processo social, duas características do texto orientaram o mapeamento de recursos intertextuais e intercontextuais: a estrutura e o conteúdo textuais.

A primeira está relacionada à estrutura de apresentação da explicação, com o uso de marcas textuais que indicavam incerteza em torno da resposta. A segunda está relacionada ao conteúdo de sua explicação, que reflete as decisões tomadas por Mariana ao selecionar que ideias seriam as mais adequadas e relacioná-las para explicar o fenômeno.

QUE RECURSOS DISPONÍVEIS NO PLANO SOCIAL DO GRUPO DERAM FORMA À CONSTRUÇÃO DA EXPLICAÇÃO DA ESTUDANTE?

Um dos recursos que deram forma à construção da explicação de Mariana foi o modo como o professor orientou as discussões com a turma. Desde a primeira aula, e ao longo dos encontros, o professor buscou explicitar que as respostas para a dor do membro fantasma deveriam ser entendidas como propostas de explicação. Em vez de apresentar uma resposta objetiva à questão solicitada, Mariana optou por iniciar sua explicação com um preâmbulo — “*Eu explicaria a dor fantasma como uma dor gerada a partir da seguinte hipótese*” — e finalizá-la com o destaque a um certo grau de incerteza — “*POSSIVELMENTE*”. Essa estrutura nos orientou na compreensão sobre como a turma estava propondo/revisando explicações em ciências.

Na primeira aula, o professor apresentou o fenômeno que seria investigado usando como exemplo o caso de uma jovem *youtuber* que havia amputado a perna, mas sentia dor em uma unha encravada do pé amputado (Quadro 1⁴).

Neste evento, o professor demarcou uma forma distinta de relação com a resposta à questão proposta (L1). Como exposto na análise macroscópica, este foi um primeiro evento do ano letivo no qual os estudantes foram convidados a propor hipóteses explicativas. Sandro demarcou a incerteza ao reagir à primeira hipótese, elaborada por Bárbara, ao questionar “*será?*” (L17). Na sequência, o professor passou a palavra a outros estudantes, demonstrando que haveria outras propostas a serem consideradas (L19-20, L27-28, L45-46). Ao qualificar as respostas dos estudantes como diferentes hipóteses (L42, L51), o professor expressou uma expectativa de que as explicações para o fenômeno fossem compreendidas como possibilidades. Essa expectativa se manteve ao longo das aulas em eventos futuros. Ainda na aula 1, enquanto liam um texto introdutório⁵ sobre a dor fantasma, o professor propôs relações intercontextuais com o evento 1.1 (Quadro 1).

O professor evocou o evento ocorrido no início da aula, revisando possibilidades de explicação levantadas pela turma (Quadro 2). Além da relação entre eventos, o professor reportou-se a outro contexto: a elaboração de explicações pela própria ciência (L2-4). Aquilo que ocorreu em sala (L5) teria relação com a forma científica de elaborar explicações (L13). Ao dizer que seria o momento de o grupo propor suas explicações, o professor, em seguida, organizou a turma em seis grupos menores e solicitou que cada um deles pensasse em três possíveis explicações.

Em eventos seguintes, significados sobre explicações como possibilidades e incertezas foram retomados. Na quinta aula, o grupo discutia o uso de um banco de dados como possíveis evidências para avaliar as explicações. O professor retomou, de modo explícito, a discussão sobre como compreender as hipóteses (Quadro 3).

O professor questionou a relação que a estudante Nara havia feito entre duas hipóteses que estavam sendo discutidas — a primeira e a terceira (L1). Na verdade, Nara estava relacionando a primeira hipótese com um dos dados do banco de dados, a evidência sete (L4-5). No entanto, naquele momento, o professor

4 Símbolos usados na transcrição: ↑ aumento da entonação; | pausa; III pausa longa; ▼ volume baixo da fala; + alongamento de vogal, *comportamento não verbal em itálico*; ênfase palavra sublinhada.

5 Este texto pode ser consultado em: <https://bityli.com/3mKTy>

Quadro 2 – Evento 1.2.

Linha	Falante	Fala
1	Professor	Aqui tá falando I
2		Que essa dor fantasma é um assunto muito controverso para a ciência I
3		A ciência não consegue explicar de forma eficiente ainda I
4		Ou tem várias explicações I
5		Aqui na sala mesmo nós vimos algumas né ↑
6		O Vinícius falou I
7		Por exemplo I
8		Psicológico I
9		O Pierre deu a sugestão de um problema na sinapse I
10		O Jonas de um negócio I
11		Uma hipótese I
12		Dos axônios I
13		E a ciência tem também várias hipóteses I
14		Agora é a nossa vez de propor explicações I
15		Hipóteses I

Símbolos usados na transcrição: ↑ aumento da entonação; I pausa; III pausa longa.

Fonte: elaborado pelos autores.

Quadro 3 – Evento 5.1.

Linha	Falante	Fala
1	Professor	Ela (Nara) fez uma associação da primeira com a terceira I
2		Mas I
3		Com- I
4	Nara	Não
5		Da primeira com a evidência sete <i>levanta a folha que estava em sua mão direita</i>
6	Professor	É I
7		Mas nesse argumento que ela usou
8		Ela levanta um ponto que essa hipótese é uma verdade
9		A hipótese é uma verdade ↑
10	Camila	XXXX
11	Nara	Não I
12		É uma dúvida I
13	Professor	É uma dúvida
14		Então
15		Muito cuidado na hora de argumentar I

Símbolos usados na transcrição: ↑ aumento da entonação; I pausa.

Fonte: elaborado pelos autores.

Quadro 4 – Evento 4.1.

Linha	Falante	Fala
1	Professor	Uma quantidade de grupos significativa I
2		Marcou que essa evidência dos neuromas I
3		Ela é uma boa explicação I
4		Para a hipótese de que I
5		O sistema nervoso central I
6		Continua mandando impulsos para a extremidade distal do cotoco I
7		Por que ↑
8	Mariana	Ué porque o cérebro ainda não avisou I
9		Ele entende que ainda tem um membro I
10	Tina	Porque ele I
11	Professor	Tina! <i>aponta para a aluna</i>
12	Tina	Porque ele ainda tá configurado a mandar I
13		A continuar mandando os impulsos nervosos pro lugar que+ I
14		No caso I
15		Tinha a mão I
16		E não tem I
17		E+ I
18		Vai aglomerando lá os impulsos I
19		Mariana
20	Tina	E nisso não vai dar em nada I
21	Professor	Então I
22		Quer dizer I
23		Ele continua mandando I
24		Mas isso não seria uma questão de memória ↑
25	Aluna	<i>Aí seria a quatro I referência à hipótese que explica a dor fantasma em função da memória cerebral</i>
26	Professor	Se ele já lembra que tinha I
27		Já não é a hipótese quatro ↑
28		Quer dizer I
29		Tinha a memória desse membro I
30		Mandava os impulsos e continua mandando ↑
31		O que você acha ↑
32		Porque a dois I
33		A hipótese três é I
34		A dor do membro fantasma I
35		Ocorre em função da continuidade dos impulsos I
36		Entre o sistema nervoso e a extremidade distal do cotoco I
37		E aí ↑
38		Vocês acham que ela tem ↑
39		Você tá me falando assim I
40		Que essa três I
41		Ela tem um pouco a ver com a quatro também ↑
42		Como que é esse negócio ↑
43	Tina	É I
44		É I
45	Professor	Por que ↑
46	Estudantes	<i>XXXX Falam ao mesmo tempo</i>
47	Professor	Gente I
48		Vocês têm que prestar muita atenção nessa dinâmica I
49		Muito mesmo I
50		Porque ela que vai falar o que é a dor fantasma I
51		Tá ↑

Símbolos usados na transcrição: ↑ aumento da entonação; I pausa; III pausa longa; + alongamento de vogal, comportamento não verbal em itálico; ênfase palavra sublinhada.

Fonte: elaborado pelos autores.

havia entendido que a estudante estava utilizando uma das hipóteses para corroborar outra hipótese, o que não faria sentido, pois seria assumir que uma das hipóteses em análise seria um dado (L8). Nara reconheceu que a hipótese não deveria ser considerada como dado, mas como dúvida (L11, 12).

Esse evento reitera a expectativa do professor em demarcar a concepção de explicação que estava em jogo. No momento em que percebeu uma possível interpretação que fugiu a essa expectativa, ele fez uma pausa na discussão em curso para retomar a ideia de que uma hipótese não deveria ser entendida como verdade, mas como algo incerto. Na aula anterior, o professor havia feito um movimento similar, porém sua proposta não foi explicitamente sobre como considerar uma explicação, mas sobre como a explicação seria construída. Os estudantes também estavam discutindo o uso de um banco de dados como possíveis evidências para avaliar as explicações (Quadro 4).

Este evento começou com um questionamento da relação entre um dado — *formação de neuromas* — e uma das hipóteses, que explicava a dor fantasma por meio da continuidade de impulsos entre o cérebro e o membro amputado (L1-7). Mariana e Tina apresentaram uma relação que se aproximava de outra hipótese, que explicava a dor fantasma em função de uma memória cerebral (L8-9, L12-19). O professor explicitou essa aproximação (L21-24) e questionou as estudantes (L26-42). Tina concordou com o professor (L43-44), porém, quando o professor demandou uma justificativa de Tina (L45), vários estudantes começaram a tentar responder (L46). Naquele momento, alguns sugeriam que haveria uma relação entre as duas hipóteses, outros consideravam que não. Possíveis relações entre hipóteses, portanto, ainda não eram um consenso entre os estudantes.

A reação do professor foi chamar a atenção dos estudantes para a dinâmica de análise e negociação das hipóteses em curso (L47-51). Seria por meio dessa dinâmica de validar hipóteses e/ou descartar outras, tendo em vista a análise do banco de dados, que a turma construiria a explicação do fenômeno. Nesse evento, o professor explicitou o modo como a explicação deveria ser elaborada, reiterando uma concepção de que uma explicação em ciências não se tratava de algo acabado ou algo que seria simplesmente consultado. Tratava-se de uma negociação das possíveis formas de explicar, à luz dos dados e em grupo.

As formas com as quais Mariana iniciou e finalizou sua resposta constituem uma espécie de enquadre que deu forma ao conteúdo de sua explicação, refletindo expectativas instrucionais do professor. Recursos intertextuais e intercontextuais nos ajudam a compreender este conteúdo, ao ressaltarem o processo de seleção de algumas explicações em detrimento de outras.

Entre as cinco possibilidades de explicação que estavam sendo discutidas pela turma, Mariana iniciou afirmando que, *“quando uma pessoa amputa alguma parte do corpo, ocorrem diversas mudanças no funcionamento do cérebro, atividade de neuroplasticidade”*.

A incerteza expressa pela estudante não significou que ela não tinha uma “melhor” resposta. A escolha da neuroplasticidade como a primeira em sua explicação reflete um consenso relativo construído pela turma ao longo das aulas, o que ocorreu com base na relação entre uma série de textos e eventos. Ao retomarmos a primeira aula, esta é uma explicação que não havia sido proposta por Mariana ou pelos colegas de seu grupo (Bárbara, Vítor e Henrique). Sua origem pôde ser mapeada por meio da análise do conjunto de textos produzidos na aula 1. Essa explicação havia sido levantada por um único grupo (Figura 4) e, ao longo das atividades, passou a ser a explicação mais bem aceita por toda a turma (Figura 4).

Essa relação intertextual não ocorreu de modo direto ou explícito. Isto é, Mariana não teve um contato direto com os colegas deste grupo para tomar conhecimento de seu texto. A relação entre esses dois textos foi mediada por discussões com toda a turma e com os colegas em grupo.

A hipótese da Figura 4 só foi apresentada a toda a turma na aula 2, junto com outras hipóteses que seriam objeto de análise a partir de então. Até este momento, não havia menção à atividade de neuroplasticidade, expressão usada no texto de Mariana. Ela agregou essa expressão após o contato com outro texto (Texto 3.2), introduzido na aula 3, quando os pequenos grupos começaram a discutir o banco de dados sobre o fenômeno⁶.

6 O banco de dados completo discutido pela turma pode ser consultado em: <https://bitly.com/3mKTy>

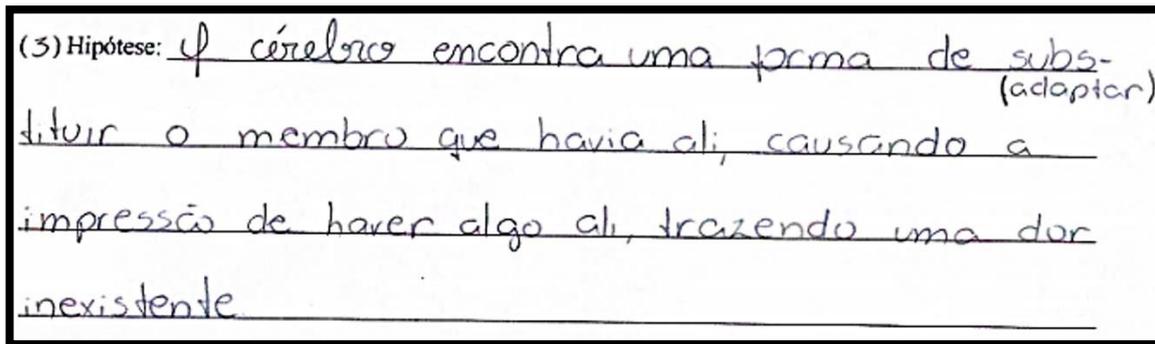
Nesse conjunto de dados, a Figura 5 apresentava informações sobre fenômenos que geravam atividades de neuroplasticidade. Essa expressão, então, passou a ser usada pela turma como sinônimo das mudanças cerebrais, inicialmente sugeridas na aula 1 no texto de Guilherme, Lívia, Perseu e Luara.

Essa primeira hipótese foi a que apresentou menor discordância entre os estudantes durante as discussões com toda a turma. A maioria dos grupos, após a análise do banco de dados, passou a considerar que mudanças cerebrais seriam a principal causa da dor do membro fantasma. O quadro síntese, elaborado na última aula com base na discussão com todo o grupo, dá-nos indícios desse consenso:

Neste quadro, o professor compilou os dados das análises que cada pequeno grupo havia produzido na aula 3. Apoiado em uma discussão com toda a turma, o professor fazia o contraste entre as análises de cada grupo a fim de identificar consensos e resolver dissensos. O quadro síntese (Figura 6) indica os números dos grupos que concordaram em considerar que um dado (colunas do quadro) poderia ser usado como evidência para sustentar determinada hipótese (linhas do quadro).

Na aula 4, a turma havia iniciado essa discussão com base naquilo que poderia ser considerado consenso. Por exemplo, todos os grupos haviam considerado que a primeira hipótese era sustentada pelo dado 1 e que havia hipóteses (4 e 5) que nenhum grupo considerou que o dado 1 poderia

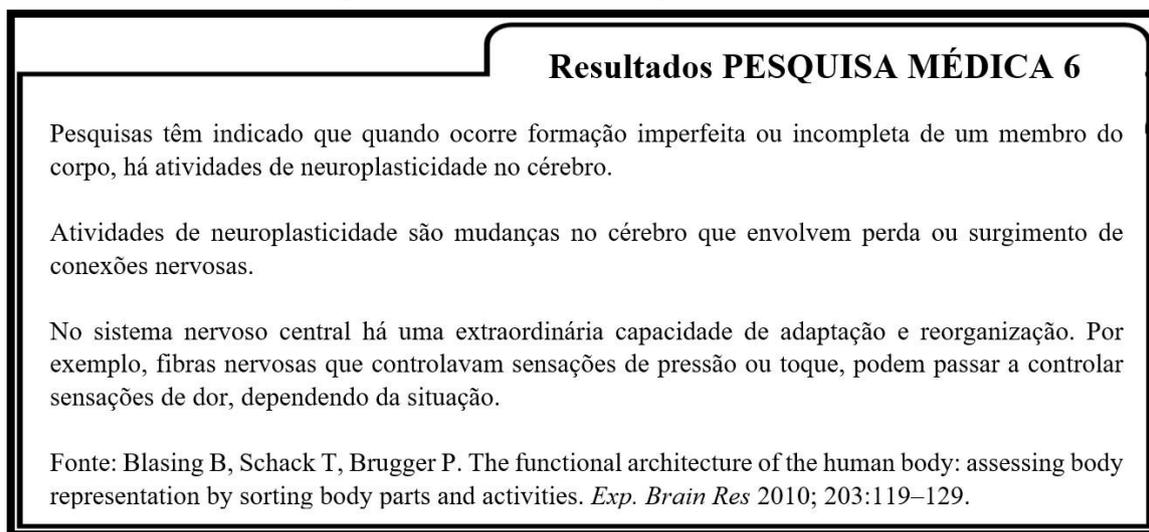
Figura 4 – Texto 1.1 – Hipótese originalmente proposta pelo grupo de Guilherme, Lívia, Perseu e Luara na aula 1 e, posteriormente, mobilizado no texto de Mariana⁷.



(3) Hipótese: O cérebro encontra uma forma de substituir (adaptar) o membro que havia ali, causando a impressão de haver algo ali, trazendo uma dor inexistente.

Fonte: banco de dados.

Figura 5 – Texto 3.2 – Pesquisa médica 6.



Resultados PESQUISA MÉDICA 6

Pesquisas têm indicado que quando ocorre formação imperfeita ou incompleta de um membro do corpo, há atividades de neuroplasticidade no cérebro.

Atividades de neuroplasticidade são mudanças no cérebro que envolvem perda ou surgimento de conexões nervosas.

No sistema nervoso central há uma extraordinária capacidade de adaptação e reorganização. Por exemplo, fibras nervosas que controlavam sensações de pressão ou toque, podem passar a controlar sensações de dor, dependendo da situação.

Fonte: Blasing B, Schack T, Brugger P. The functional architecture of the human body: assessing body representation by sorting body parts and activities. *Exp. Brain Res* 2010; 203:119–129.

Fonte: banco de dados.

⁷ O cérebro encontra uma forma de substituir (adaptar) o membro que havia ali, causando a impressão de haver algo ali, trazendo uma dor inexistente.

sustentar. O quadro síntese mostra que a primeira hipótese, mencionada na resposta de Mariana, é aquela que apresentou maior consenso quando as análises de cada grupo foram contrastadas.

Relações intercontextuais entre as aulas 4 e 5 nos ajudam a compreender como ocorreu este processo. Na aula 5, ao retomar o contraste das análises entre os grupos, o professor utilizou a relação entre a evidência 1 e hipótese 1 para exemplificar uma relação que foi consensual entre os grupos na discussão da aula anterior (Quadro 5).

Figura 6 – Texto 5.1 – Quadro síntese da turma com a análise por grupo.

EVIDÊNCIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Mudanças no funcionamento do cérebro	123 456	6		3	3	123 456	1235 6	4		25
2. Origem psicossomática	3	14		4	4			6	25	124 6
3. Continuidade de sinapses nervosas	2	3	24 56	56	6		5	1	13	13
4. Memória do cérebro		6	13	1		13		356	456	256
5. Permanência de nervos			24 56	126	125		34		6	

Fonte: banco de dados.

Quadro 5 – Evento 5.2.

Linha	Falante	Fala
1	Professor	Todos os grupos I
2		Marcaram que a evidência 1 I
3		Era uma boa evidência para a hipótese 1 I
4		Que coloca III
5		Qual que era a hipótese 1 ↑
6		A dor do membro fantasma I
7		Ocorre em função de mudança do funcionamento do cérebro I
8		E o que a evidência 1 fala ↑
9		Fala o seguinte I
10		Quando você toca a face de uma pessoa amputada I
11		Que sente a dor fantasma I
12		Ela sente o membro fantasma I

Símbolos usados na transcrição: ↑ aumento da entonação; I pausa; III pausa longa.

Fonte: elaborado pelos autores.

O texto com a resposta de Mariana reflete esse consenso, reiterado pelo professor na última aula (L1). Isso também pode ser observado no conjunto de textos com as respostas de seus colegas. A maioria dos estudantes mencionou em seu texto individual que atividades neuroplásticas explicariam a origem da dor do membro fantasma.

Além dessa hipótese, outra explicação foi muito presente nesses textos e também apareceu no texto de Mariana: a memória do cérebro. Para a estudante, além da atividade de neuroplasticidade, “*também pode-se associar essa dor a uma memória do cérebro*”. Uma série de relações intertextuais nos ajudam a compreender como essa explicação foi proposta e negociada ao longo dos eventos.

Inicialmente, as propostas elaboradas em grupos na aula 1 totalizaram 18 hipóteses. Na aula 2, por sua vez, essas hipóteses foram colocadas em discussão com toda a turma. Ao longo desta aula, a turma realizou uma leitura coletiva de cada hipótese, que era afixada pelo professor no quadro (Figura 7). A discussão começou embasada naquelas que pareciam mais consensuais. Hipóteses similares foram agrupadas em uma mesma categoria mais ampla de hipótese, o que ocorreu na maioria dos casos. Em outros casos, hipóteses foram consideradas inadequadas e, por isso, descartadas da lista afixada no quadro. Dessa forma, a partir da aula 2, a turma passou a discutir um novo conjunto de cinco textos (Figura 7):

1. *A dor do membro fantasma ocorre em função de mudanças no cérebro.*
2. *A dor do membro fantasma ocorre em função de questões psicossomáticas.*
3. *A dor do membro fantasma ocorre em função da continuidade dos impulsos nervosos (sinapses nervosas) entre o SNC e a extremidade distal do cotoco.*
4. *A dor do membro fantasma ocorre em função da existência de memória no cérebro de como era quando o membro ainda existia.*
5. *A dor do membro fantasma ocorre em função da permanência dos nervos que foram cortados na extremidade distal do cotoco.*

Figura 7 – Texto 2.1 – Conjunto de hipóteses organizadas em cinco propostas de explicação⁸.



Fonte: banco de dados.

No texto de Mariana, a segunda hipótese mencionada foi a da memória do cérebro, que correspondia à hipótese 4 da lista produzida na aula 2. A ideia de memória cerebral foi localizada em cinco dos seis textos produzidos pelos pequenos grupos na aula 1. Essa proposta, portanto, expressava uma ideia forte dentro do grupo, mesmo antes de um processo de análise do banco de dados ou da interpretação de evidências. O mapeamento de eventos revela uma fala do professor, poucos minutos antes da produção desses textos (Quadro 6).

⁸ Os números da imagem indicam o local do quadro no qual o professor afixou cada texto, bem como os textos considerados similares em seguida. Dentro do círculo estão os textos descartados, por serem considerados explicações inadequadas.

Quadro 6 – Evento 1.3.

Linha	Falante	Fala
1	Tina	Tinha uma série que a médica XXXX
2		Só que ela continuava sentindo dor I
3		Parecia que ela tinha a perna mesmo I
4		Aí ela tinha aquela sensação da perna e tudo I
5	Professor	Que série que é essa ↑
6	Tina	Grey's Anatomy
7	Professor	Gente I
8		Então I
9		Olha só I
10		Isso é comum nas pessoas que sofrem processo de amputação I
11		Não nas pessoas que nascem com deficiências de membro I
12		Então I
13		A pessoa que nasce com ausência do membro já I
14		Ela não sente essa dor fantasma I

Símbolos usados na transcrição: ↑ aumento da entonação; I pausa; III pausa longa; ▼ volume baixo da fala; + alongamento de vogal, comportamento não verbal em *itálico*; ênfase palavra sublinhada.

Fonte: elaborado pelos autores.

O professor utilizou um relato de uma estudante (L1-4, L6) para introduzir uma nova informação (L7-14). Ele não usou o termo memória. Todavia, ao mencionar que pessoas que já nasceram sem um membro não desenvolvem a dor, estabeleceu uma relação com a noção de memória. Assim, o texto do professor pode constituir um recurso disponível para que os pequenos grupos mobilizassem essa noção de memória, uma vez que a pessoa deveria ter o membro funcionando normalmente para que, ao perdê-lo, a dor surgisse.

No processo de análise do banco de dados, essa hipótese que já estava presente nas ideias iniciais da maioria dos grupos ganhou força. Na aula 3, os estudantes produziram um quadro analítico, em pequenos grupos, no qual representavam as possíveis relações entre dados e hipóteses. Assim como a hipótese 1, relacionada à neuroplasticidade, a proposta da memória cerebral foi sustentada por mais dados na interpretação dos pequenos grupos. O texto com o quadro analítico do grupo de Mariana revela essa percepção (Figura 8). Nos quadros de outros grupos, isso também foi observado.

Na aula 5, uma nova versão do texto 3.4 foi elaborada (Figura 9). Essa versão foi construída de modo coletivo com toda a turma, o que também evidenciou a força da hipótese da memória (Figura 9). A partir da discussão entre os pequenos grupos, o professor orientou o contraste entre as análises, buscando a construção de consensos com a turma. Além disso, os textos individuais, produzidos ao final da aula 5, reiteram a força dessa hipótese, após a análise dos dados. Quinze dos 25 estudantes mencionaram em seu texto que a memória poderia ser uma explicação para a origem da dor fantasma. Deles, a maioria mencionou ambas as explicações, neuroplasticidade e memória, para compor sua resposta.

Diferentemente do que ocorreu no caso da hipótese da neuroplasticidade, a segunda hipótese de Mariana foi associada a outras explicações. Para Mariana, a memória poderia *“acabar intensificando a dor, e continuando a comunicação do cotoco com o sistema nervoso central. Mas a memória relacionada ao cérebro também pode servir como forma de aliviar a dor em alguns*

Figura 8 – Texto 3.4 – Quadro com a análise das hipóteses em pequenos grupos.

EVIDÊNCIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HIPÓTESES										
A dor do membro fantasma ocorre em função de mudanças no funcionamento do cérebro.	X	X				X	X			
A dor do membro fantasma ocorre em função de questões psicossomáticas.								X		X
A dor do membro fantasma ocorre em função da continuidade dos impulsos nervosos (Sinapses Nervosas) entre o SNC e a extremidade distal do cotoco.			X	X	X					
A dor do membro fantasma ocorre em função da existência de memória no cérebro de como era quando o membro ainda existia.			X					X	X	X
A dor do membro fantasma ocorre em função da permanência dos nervos, que foram cortados, na extremidade distal do cotoco.			X	X					X	

Fonte: banco de dados.

Figura 9 – Texto 5.2 – Quadro gerado pela análise das hipóteses pela turma toda.

EVIDÊNCIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HIPÓTESES										
1. Mudanças no funcionamento do cérebro	X					X	X	X		X
2. Origem psicossomática										X
3. Continuidade de sinapses nervosas			X	X	X				X	
4. Memória do cérebro			X	X		X		X	X	X
5. Permanência de nervos			X	X						

Fonte: banco de dados.

tratamentos como no tratamento do espelho, onde POSSIVELMENTE, a memória de ter uma mão conforta a dor sentida". A estudante mobilizou diferentes textos e contextos ao compor esta segunda parte de sua explicação.

Com relação à proposta da continuidade dos impulsos, apenas Mariana e duas outras estudantes, que não eram de seu grupo, mencionaram essa relação em seus textos: Luara e Lara. Essa relação causal entre memória e impulsos não foi observada no plano social da turma e nem no grupo de Mariana. O mapeamento de eventos revela uma possível relação com discussões da aula 4 (Evento 4.1), enquanto a turma toda tentava chegar a um consenso em torno do uso de um dado, a pesquisa médica 3 (Figura 10).

A turma estava considerando que esta pesquisa (Figura 10) seria um dado capaz de sustentar a proposta que a dor seria gerada pela continuidade dos impulsos do sistema nervoso central para o cotoco (rever Evento 4.1, L1-6). O professor ressaltou essa relação e questionou a turma (L7).

Durante a discussão, Mariana afirmou que o cérebro *"entende que ainda tem um membro"* (L9), o que foi reiterado pela colega Tina, ao mencionar que o cérebro *"ainda está configurado a mandar"* (L12). Diante dessas colocações, a reação do professor foi questionar se a hipótese 3, da continuidade dos impulsos, e a hipótese 4, da memória cerebral, teriam relação com a pesquisa médica 3.

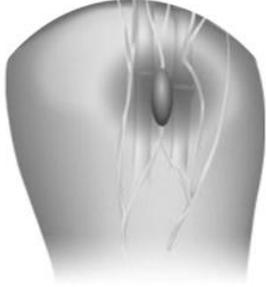
Figura 10 – Texto 3.1 – Pesquisa médica 3 (Dickinson *et al.*, 2010).

Resultados PESQUISA MÉDICA 3

Estudos têm indicado a formação de neuromas na região da amputação das pessoas que relatam dor fantasma.

Neuroma é um aglomerado de fibras formado por pelos nervos que foram rompidos com a amputação.

Nesses neuromas, foram identificados canais de sódio ativos que geram *descargas espontâneas* e têm uma atividade anormal de *hiperexcitabilidade*.



Representação de um neuroma formado no pé que teve os dedos amputados.

Fonte: banco de dados.

Apesar de a discussão não ter se aprofundado, as estudantes concordaram com a proposta do professor naquele momento (L25, L43-44). Desse modo, o professor propôs uma relação entre dois textos — *hipótese 3 e hipótese 4* — com a pesquisa médica 3, para que Mariana interpretasse a hipótese da continuidade de impulsos como consequência da memória cerebral. Na interpretação de Mariana, a consequência gerada por esta relação seria uma intensificação da dor fantasma.

Mariana também declarou que a memória do cérebro poderia gerar outra consequência: aliviar a dor, mediante o tratamento do espelho. Na aula 3, a turma havia recebido o banco de dados no qual a pesquisa médica 10 mencionava o mesmo tratamento (Figura 11).

Nas palavras da estudante, “*a memória de ter uma mão conforta a dor sentida*”. O mapeamento de eventos revela recursos disponíveis para que a estudante construísse essa interpretação (Quadro 7).

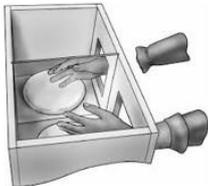
Este evento ocorreu ao final da aula 5, alguns minutos antes da produção individual da resposta de Mariana. A colega Nara propôs uma possível relação entre a terapia do espelho e o alívio da dor, pautada pela memória cerebral (L1-5, L8-14). A mesma relação foi reiterada por seu colega de grupo, Pierre (L18-26). A reação de Mariana foi concordar enfaticamente com Nara e Pierre (L27), o que

Figura 11 – Texto 3.3 – Pesquisa médica 10 (Ramachandran e Altschuler, 2009).

Resultados PESQUISA MÉDICA 10

Pacientes submetidos à terapia do espelho têm obtido bons resultados no alívio da dor do membro fantasma.

O paciente observa o reflexo do seu membro intacto num espelho colocado de forma a que a imagem visualizada corresponda ao membro amputado.



Fonte: banco de dados.

Quadro 7 – Evento 5.3.

Linha	Falante	Fala
1	Nara	Vamos supor assim I
2		Se eu memorizei que eu tinha a mão I
3		Só que eu não tenho I
4		E eu estou sentindo dor I
5		Agora no espelho I
6	Pierre	Do que você está falando?
7		Nara espera aí I
8	Nara	Deixa eu concluir I
9		Agora no espelho I
10		Eu estou vendo e memorizando uma outra coisa I
11		Então I
12		Na minha cabeça I
13		Vai ter uma mudança lá porque+
14		Eu memorizei I
15	Aluno	Viajou aí hein Nara I
16	Professor	O Pierre falou uma coisa que te ajudou Nara I
17		Pierre I
18	Pierre	Tá bom I
19		Aqui ó I
20		A pessoa I
21		Ela olha I
22		Ela tem a sensação I
23		Ela vendo e+
24		Achando que tem a mão ali+
25		Ela lembra da sensação que ela tinha quando ela tinha I
26		A memória da sensação I
27		Mariana
28	Professor	Vinícius I
29	Vinícius	Era isso que eu ia falar I

Símbolos usados na transcrição: ↑ aumento da entonação; I pausa; III pausa longa; ▼ volume baixo da fala; + alongamento de vogal, comportamento não verbal em *itálico*; ênfase palavra sublinhada.

Fonte: elaborado pelos autores.

pode explicar sua interpretação. Apesar da enfática concordância de Mariana, a relação entre o uso do espelho e o alívio da dor foi pouco aceita pela turma. Essa interpretação apareceu nos minutos finais da discussão, sem aprofundamento, e foi identificada apenas nos textos de Nara e Mariana.

DE QUE MODO O USO DESSES RECURSOS ESTAVA ARTICULADO À PROPOSIÇÃO/REVISÃO DE EXPLICAÇÕES NAS AULAS DE CIÊNCIAS?

Recursos intertextuais e intercontextuais fornecem elementos para a interpretação da proposição/revisão de explicações na turma investigada, conforme representado pela Figura 12. As setas indicam conexões entre: textos, à direita da figura; contextos, à esquerda da figura; e eventos, ao centro; na construção discursiva de explicações nas aulas de ciências.

A princípio, Mariana havia elaborado três possíveis explicações para a dor fantasma. A primeira proposição surgiu da discussão com seus colegas de grupo, Bárbara, Vítor e Henrique (contexto instrucional de discussão em pequenos grupos da aula 1 na Figura 12). De acordo com o grupo, a hipótese que melhor explicaria o fenômeno é que a dor fantasma *“pode ser uma doença psicossomática, que tanto a pessoa pensa que ainda existe a parte amputada, e o corpo libera substâncias que iriam agir da mesma forma na parte amputada”*. Esta proposta mantinha relações com a primeira ideia que emergiu na discussão preliminar com toda a turma, no início da aula 1, quando Bárbara mencionou uma possível origem psicológica da dor (E1.1 na Figura 12). Nesta primeira aula, o grupo de Mariana formulou ainda duas explicações.

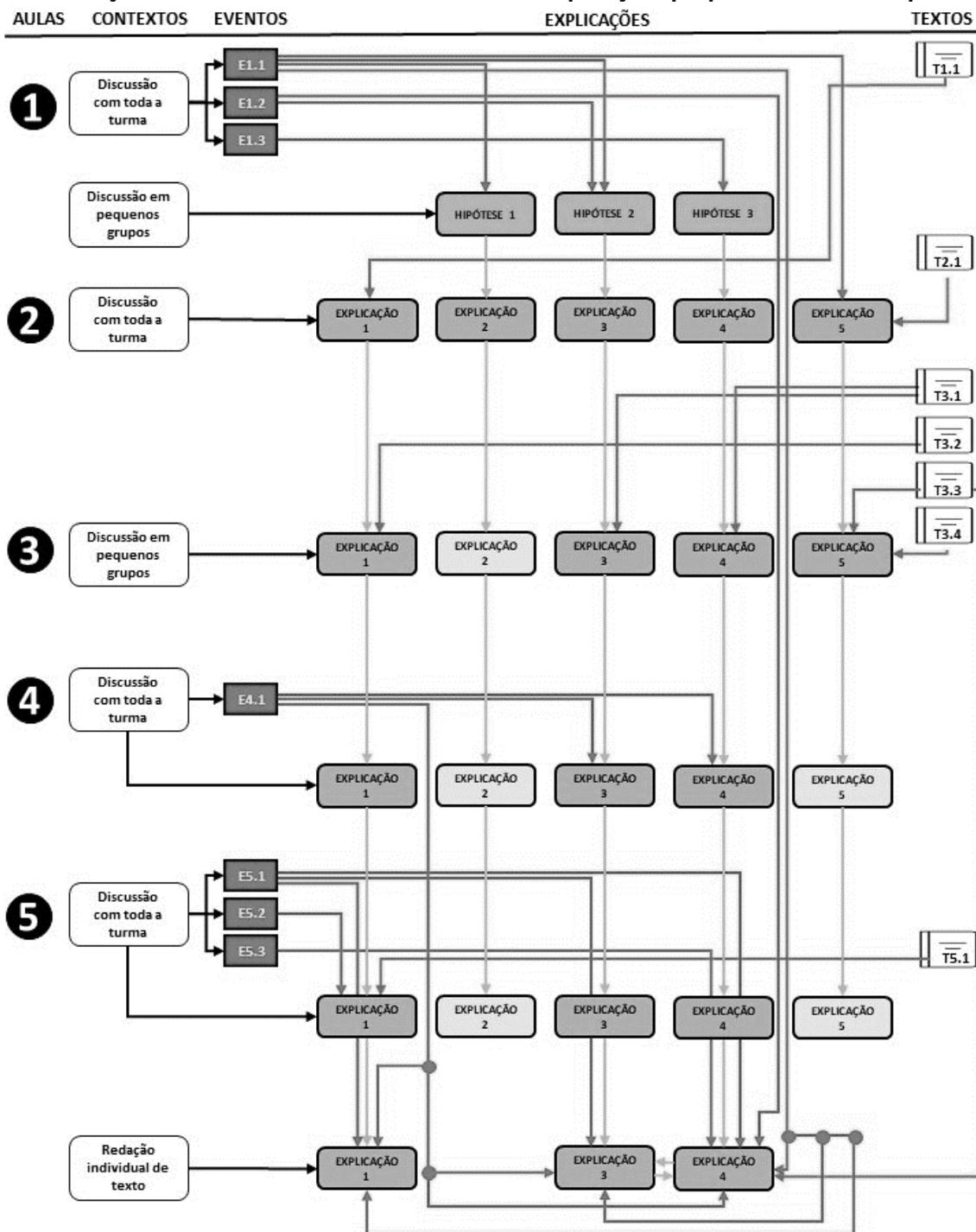
A segunda sugeria que *“os neurônios que ficavam em ‘contato’ (perto) de outros neurônios da parte amputada ainda estejam fazendo a sinapse, e a sinapse dá a ideia de que ainda existe a parte amputada”*. Esta proposta também mantinha relações com o evento 1.1, quando o colega Pierre levantou a possibilidade de a dor ser causada por problemas na sinapse, o que foi reiterado pelo professor no evento 1.2 (E1.1 e E1.2 na Figura 12).

Por fim, na terceira hipótese, o grupo de Mariana afirmava que *“o sistema nervoso da pessoa ainda não entendeu que não tem mais um membro ali, e manda as informações normais, funciona normalmente como se ainda estivesse um membro ali”*. Esta hipótese não havia emergido na discussão com toda a turma no início da aula. Todavia, o evento 1.3 fornece informações relacionadas com ela. No evento, o professor havia mencionado que apenas pessoas que já tiveram o membro poderiam sentir a dor fantasma (E1.3 na Figura 12).

O contexto instrucional de discussão com toda a turma, realizada na aula 2, gerou consequências na revisão das explicações. As propostas da turma foram organizadas em cinco grandes hipóteses, que passaram a ser o foco da análise a partir de então. As três explicações iniciais de Mariana passaram por alterações neste processo. Sua primeira explicação se tornou a hipótese 2 da turma, que passou a ser enunciada como *“a dor do membro fantasma ocorre em função de questões psicossomáticas”*. Suas duas outras propostas se tornaram as hipóteses 3 e 4, respectivamente, enunciadas da seguinte forma: *“a dor do membro fantasma ocorre em função da continuidade dos impulsos nervosos (sinapses nervosas) entre o SNC e a extremidade distal do cotoco”* e *“a dor do membro fantasma ocorre em função da existência de memória no cérebro de como era quando o membro ainda existia”*. O que deu forma a essas novas explicações foi a fusão entre as explicações iniciais do grupo de Mariana com as explicações iniciais dos outros grupos, que haviam proposto textos similares.

Uma consequência da mobilização desses recursos é que Mariana teve que passar a pensar também em duas novas possibilidades, não levantadas por ela na aula 1, mas trazidas por colegas de outros grupos. A hipótese 1, *“a dor do membro fantasma ocorre em função de mudanças no cérebro”* havia sido sugerida pelo grupo de Guilherme, Lívia, Perseu e Luara (T1.1 na Figura 12). E a hipótese 5, *“a dor do membro fantasma ocorre em função da permanência dos nervos que foram cortados na extremidade distal do cotoco”*, que havia sido sugerida por mais de um grupo, mantinha relação com a proposta inicial do colega Jonas, que, na primeira aula, falou sobre nervos que ficavam no cotoco (E1.1 na Figura 12).

Figura 12 – Relações intertextuais e intercontextuais nas explicações propostas e revisadas por Mariana.



Fonte: elaborado pelos autores.

A mobilização de recursos intertextuais e intercontextuais, a partir da aula 3, gerou uma nova consequência na proposição/revisão de explicações: a gradativa força que algumas hipóteses ganharam em detrimento de outras. O contexto instrucional de discussão em pequenos grupos, para a análise do banco de dados, deu forma a esse processo. No grupo de Mariana, que havia inicialmente proposto a origem psicossomática da dor fantasma, observou-se uma alteração. Essa explicação, representada em tom mais claro na Figura 12 a partir da aula 3, passou a ser considerada a mais frágil dentre o conjunto das cinco possibilidades.

O texto 3.4 evidencia essa consequência e aponta outras consequências relevantes (T3.4 na Figura 12). Primeiramente, duas hipóteses emergiam como mais fortes para o grupo de Mariana: a explicação 1, envolvendo atividades neuroplásticas, que passou a ser considerada uma boa explicação; e a explicação 4, da memória cerebral, que já havia sido levantada por Mariana desde a aula 1 e ganhou força. Além disso, duas outras hipóteses também tinham força dentro do grupo: a proposta que indicava a continuidade de impulsos nervosos (Explicação 3) e a que indicava a permanência de nervos no cotoco (Explicação 5).

A partir do contexto instrucional de discussão com toda a turma, realizadas nas aulas 4 e 5, a explicação 5 perdeu força (representada em tom mais claro a partir da aula 4 na Figura 12). Assim, as hipóteses mais sustentadas pelo banco de dados, conforme a análise da turma, foram as explicações 1, 3 e 4. As contínuas revisões das propostas, ora no contexto dos pequenos grupos, ora com toda a turma, refletiram-se na elaboração textual de Mariana na última aula. Mariana refletiu o relativo consenso do grupo ao mobilizar duas explicações centrais: a neuroplasticidade (hipótese 1) e a memória cerebral (hipótese 4). Todavia, Mariana refratou desse consenso em alguns aspectos, conforme indicado pelos eventos E4.1 e E5.3 na Figura 12.

CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES DO ESTUDO

Nesta pesquisa, analisamos como estudantes do oitavo ano do Ensino Fundamental propuseram e revisaram explicações para um fenômeno em aulas de ciências. Com relação à nossa primeira questão de pesquisa, foi possível concluir que:

1. Os modos como o professor orientou a turma deram contornos de incerteza à explicação de Mariana;
2. O contexto instrucional — *ora em grupo, ora com toda a turma* — tornou-se um recurso por meio do qual a turma validou ou desconsiderou explicações; e
3. As conexões entre textos, como as sucessivas tabelas de análise de dados, deram materialidade às revisões das explicações da turma.

Com relação à segunda questão, foi possível concluir que recursos mobilizados por Mariana refletiam e/ou refratavam a construção das explicações da turma. Essas articulações demonstram que:

1. Esse processo de construção refletia a expectativa instrucional de incerteza envolvida em uma explicação científica;
2. Explicações ganharam força ou tornaram-se mais frágeis ao longo dos eventos;
3. Estudantes adotaram propostas em que não haviam pensado a princípio; e
4. Dados provindos de diferentes textos foram interpretados para a composição da explicação escrita.

Tais conclusões oferecem contribuições à área de Educação em Ciências e implicações para a prática pedagógica. Uma primeira contribuição à área é o deslocamento analítico com enfoque na qualidade das explicações dos estudantes, para o processo de sua construção. Analisamos eventos nos quais os estudantes começavam a se apropriar de formas científicas de explicar fenômenos, mesmo que os elementos canônicos de uma explicação científica ainda não estivessem sendo mobilizados (McCain, 2015).

O uso da definição de Kim (1994) para a explicação foi importante nesse sentido. Na análise macroscópica, ampliamos nossas possibilidades de identificar explicações, sem a necessidade de considerar, *a priori*, a presença de elementos como causalidade, menção a evidências, ou tipologias. A resposta de Mariana, foco das análises, não explicitava as evidências discutidas pelo grupo para a construção de conclusões. Diversos dados foram analisados pela turma ao longo das aulas e ela não os mobilizou para defender seu posicionamento. Além disso, se pensarmos na coerência de sua explicação, do ponto de vista teórico, ideias como memória cerebral e continuidade de impulsos não

têm força entre os cientistas. Desse modo, se aplicássemos ferramentas comumente usadas para a análise de explicações dos estudantes (Van Duzor, 2016; Yao e Guo, 2017), é provável que nossa conclusão viesse a ser mais voltada para as dificuldades que Mariana encontrou para aprender a elaborar explicações.

Nesse sentido, uma das questões importantes para as discussões da área é: essa estudante aprendeu ciências ao longo dessas aulas? Nossas análises sustentam que sim. Primeiramente, a forma como a estudante estruturou sua resposta deu-nos indícios de que ela estava se apropriando de uma forma de “falar ciências” na escola (Lemke, 1990), o que significa, para nós, aprender ciências.

Em segundo lugar, as mudanças apontadas nas propostas de Mariana também constituem um indício de aprendizagem, tendo em vista o conteúdo de sua resposta (Yeo e Gilbert, 2014). A adesão à proposta da neuroplasticidade é um exemplo desse processo. Essa explicação não havia sido pensada pela estudante e foi a que gerou menor discordância entre os colegas. Ao utilizar a ideia dos colegas de outro grupo e analisá-la à luz dos dados que estava discutindo, ela decidiu que aquela seria uma boa explicação para iniciar seu texto. Mariana apropriou-se de uma explicação que se tornou forte no plano social do grupo. Outro aspecto nessa mesma direção foi o abandono da explicação pautada na origem psicossomática da doença. Mesmo tendo sido a primeira explicação levantada na turma, e reiterada pelo grupo de Mariana, esta hipótese perdeu força a partir da análise do banco de dados. Mariana apropriou-se dessa avaliação e, como consequência, ignorou essa possibilidade ao compor sua resposta escrita.

Mariana também se afastou de propostas compartilhadas pela turma em outros aspectos. Isso indica a necessária preocupação com as singularidades dos estudantes em sala de aula. Os textos e eventos mapeados neste artigo devem-se às opções singulares de Mariana, embebidas no contexto social de sua turma. Se fôssemos analisar cada uma das respostas finais dos outros estudantes da turma, iríamos encontrar diversas outras conexões com outros textos, contextos e eventos que cada estudante estabeleceu ao compor sua explicação.

Por fim, indicamos implicações para a prática pedagógica. Uma primeira implicação diz respeito a uma questão que tem sido amplamente discutida na área: que tipo de suporte instrucional é necessário para que os estudantes aprendam a propor e revisar explicações científicas? (Tang, 2016). Todavia, os eventos e artefatos analisados fornecem-nos apontamentos nesse sentido. As análises corroboram os resultados encontrados por Gerard, Kidron e Linn (2019), que indicaram estratégias de professores que buscavam auxiliar os estudantes na construção de explicações e que foram relevantes também nas aulas analisadas neste artigo. Os autores apontam a relevância de o professor explicitar ideias que estavam sendo progressivamente compartilhadas na turma, tentar esclarecer os significados que os estudantes davam às suas explicações e sugerir possíveis revisões nas explicações propostas. Essas estratégias foram observadas em eventos de análise (e.g. 1.3, 4.1, 5.1, 5.3) e em outros eventos dessa sequência de aulas que não foram mencionados neste artigo (Carneiro *et al.*, 2021).

Outra implicação para a prática pedagógica decorre do fato de as análises envolverem uma explicação escrita. Explicações escritas dos estudantes constituem um artefato universalmente disponível aos professores, mesmo em salas de aulas de metodologia tradicional (Seah, 2016). Pesquisas têm analisado como professores buscam avaliar essas explicações. Ainda prevalece a avaliação somativa, relacionada à identificação de explicações consideradas corretas ou erradas (McCain, 2015).

Nosso estudo dialoga e agrega a essas iniciativas porque caracteriza a explicação escrita com um olhar interacional. Mesmo que nossas análises estejam restritas a um único texto, buscamos fazê-las com base nas interações entre os participantes do grupo. Analisar uma avaliação escrita dos estudantes é uma tarefa rotineira dos professores. Nem sempre é fácil avaliar esse tipo de

artefato para além de uma perspectiva somativa da aprendizagem. Nossos resultados oferecem apontamentos relevantes para que o professor possa compreender artefatos individuais de uma perspectiva processual da avaliação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPQ, pelo financiamento do projeto ao qual esse estudo se insere (Ciência na Escola), e à CAPES, pela concessão de bolsa de doutorado à autora Thalita de Oliveira Carneiro e pela concessão de bolsa de pós-doutorado CAPES/PNPD à autora Ana Paula Souto Silva Teles.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Vanessa de; FREIRE, Sofia; BAPTISTA, Mónica. Constructing scientific explanations: a system of analysis for students' explanations. **Research in Science Education**, v. 49, p. 787-807, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9648-9>

BAKTHIN, Mikhail. **The dialogic imagination: four essays**. Texas: University of Texas Press; 1981.

BLOOME, David; EGAN-ROBERTSON, Ann. The social construction of intertextuality in classroom reading and writing lessons. **Reading Research Quarterly**, v. 28, n. 4, p. 304-333, 1993. <https://doi.org/10.2307/747928>

BLOOME, David; CARTER, Stephanie Power; CHRISTIAN, Beth Morton; MADRID, Samara; OTTO, Sheila; SHUART-FARIS, Nora; SMITH, Mandy. **On discourse analysis in classrooms: approaches to language and literacy research**. Nova York: Teachers College Press, 2008.

BRAATEN, Melissa; WINDSCHITL, Mark. Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. **Science Education**, v. 95, n. 4, p. 639-669, 2011. <https://doi.org/10.1002/sce.20449>

CARNEIRO, Thalita Oliveira; FRANCO, Luiz Gustavo; MATOS, Santer Alvares de; TORO, Luisa Fernanda Mejía. Ensino por Investigação no conteúdo curricular programado: como esta articulação acontece? *In: II Encontro de Ensino de Ciências por Investigação*, 2020, Belo Horizonte. **Anais do II Encontro de Ensino de Ciências por Investigação**, Belo Horizonte, 2020.

CARNEIRO, Thalita Oliveira; MATOS, Santer Alvares de; TELES, Ana Paula Souto Silva; FRANCO, Luiz Gustavo. Investigando nos anos finais do Ensino Fundamental: um experiência com estudantes do 8º ano. *In: FRANCO, Luiz Gustavo (org.). Ensinando biologia por investigação: propostas para inovar a ciência na escola*. São Paulo: Na Raiz, 2021, p. 66-89.

CASTANHEIRA, Maria Lucia; CRAWFORD, Teresa; DIXON, Carol; GREEN, Judith Lee. Interactional ethnography: an approach to studying the social construction of literate practices. **Linguistics and Education**, v. 11, n. 4, p. 353-400, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0898-5898\(00\)00032-2](https://doi.org/10.1016/S0898-5898(00)00032-2)

COLLINS, Elaine; GREEN, Judith Lee. Learning in classroom settings: making or breaking a culture. *In: MARSHALL, Hermine H. (ed.). Redefining student learning: roots of educational restructuring*. Norwood: Ablex, p. 59-85, 1992.

DICKINSON, Barry; HEAD, Alvin; GITLOW, Stuart; OSBAHR III, Albert. Maldynia: pathophysiology and management of neuropathic and maladaptive pain — A report of the AMA Council on Science and Public Health. **Pain Medicine**, v. 11, n. 11, p. 1635-1653, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2010.00986.x>

DUSCHL, Richard. Science education in three-part harmony: balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. **Review of Research in Education**, v. 32, p. 268-291, 2008. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>

DUSCHL, Richard; AVRAAMIDOU, Lucy; AZEVEDO, Nathália Helena. Data-texts in the sciences the evidence-explanation continuum. **Science & Education (Dordr)**, v. 30, n. 5, p. 1159-1181, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00225-y>

ERDURAN, Sibel. Science Education and the Pandemic, 1 Year On: Emergence of New Conceptual Tools and Re-calibration of Existing Educational Approaches. **Science & Education (Dordr)**, v. 30, n. 2, p. 201-204, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00201-6>

FARIA, Cláudia; FREIRE, Sofia; BAPTISTA, Mónica; GALVÃO, Cecília. The construction of a reasoned explanation of a health phenomenon: an analysis of competencies mobilized. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 9, p. 1476-1490, 2014. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.783723>

FLORIANI, Ana. Negotiating what counts: roles and relationships, texts and contexts, content and meaning. **Linguistics and Education**, v. 5, n. 3-4, p. 241-274, 1994. [https://doi.org/10.1016/0898-5898\(93\)90002-R](https://doi.org/10.1016/0898-5898(93)90002-R)

GEE, James Paul. **An introduction to discourse analysis: theory and method**. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

GERARD, Libby; KIDRON, Ady; LINN, Marcia. Guiding collaborative revision of science explanations. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, v. 14, p. 291-324, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11412-019-09298-y>

GREEN, Judith; WALLAT, Cynthia. **Ethnography and language in educational settings**. Norwood: Ablex Publishing Corporation, 1981.

GREEN, Judith Lee; DIXON, Carol; ZAHARLIC, Amy. A etnografia como uma lógica de investigação. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, n. 42, p. 13-79, dez. 2005.

GUMPERZ, John Joseph. **Discourse strategies**. 1st edition. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511611834>

HEMPEL, Carl Gustav; OPPENHEIM, Paul. Studies in the logic of explanation. **Philosophy of Science**, v. 15, n. 2, p. 135-175, 1948.

KANG, Hosun; THOMPSON, Jessica; WINDSCHITL, Mark. Creating opportunities for students to show what they know: the role of scaffolding in assessment tasks. **Science Education**, v. 98, n. 4, p. 674-704, 2014. <https://doi.org/10.1002/sce.21123>

KELLY, Gregory; GREEN, Judith Lee. **Theory and methods for sociocultural research in science and engineering education**. New York: Routledge, 2019.

KIM, Jaegwon. Explanatory knowledge and metaphysical dependence. **Philosophical Issues**, v. 5, p. 51-69, 1994. <https://doi.org/10.2307/1522873>

KITCHER, Philip. Explanatory unification and the causal structure of the world. **Minnesota Studies in the Philosophy of Science**, v. 13, 410-505, 1989.

LEMKE, Jay. **Talking science: language learning and values**. Norwood: Ablex, 1990.

MCCAIN, Kevin. Explanation and the nature of scientific knowledge. **Science & Education**, v. 24, p. 827-854, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9775-5>

MCNEILL, Katherine; KRAJCIK, Joseph. Supporting students' construction of scientific explanation through generic versus context-specific written scaffolds. *In: Annual Meeting the American Educational Research Association*, San Francisco, 2006.

PEDASTE, Margus; MÄEOTS, Mario; SIIMAN, Leo Aleksander; JONG, Ton de; VAN RIESEN, Siswa Anakanda Njawa; KAMP, Ellen; MANOLI, Constantinos Costas; ZACHARIA, Zacharias C.; TSOURLIDAKI, Eleftheria. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, 47-61, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

RAMACHANDRAN, Vilayanur Subramanian; ALTSCHULER, Eric Lewin. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. **Brain**, v. 132, p. 1693-1710, 2009. <https://doi.org/10.1093/brain/awp135>

RODRIGUES, Renato Felix; PEREIRA, Aleksandro Pereira de. Explicações no ensino de ciências: revisando o conceito a partir de três distinções básicas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 24, n. 1, p. 43-56, 2018. <https://doi.org/10.1590/1516-731320180010004>

SALMON, Wesley Charles. Four decades of scientific explanation. *In: KITCHER, Philip; SALMON, Wesley Charles. (eds.) Minnesota studies in the philosophy of science*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1989. p. 3-219

SEAH, Lay Hoon. Understanding the conceptual and language challenges encountered by grade 4 students when writing scientific explanations. **Research in Science Education**, v. 46, n. 3, p. 413-437, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9464-z>

SONGER, Nancy Butler; GOTWALS, Amelia Wenk. Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 2, p. 141-165, 2012. <https://doi.org/10.1002/tea.20454>

SPRADLEY, James. **Participant observation**. Orlando: Harcourt Brace College Publishers, 1980.

TANG, Kok-Sing. Constructing scientific explanations through premise-reasoning-outcome (PRO): an exploratory study to scaffold students in structuring written explanations. **International Journal of Science Education**, v. 38, n. 9, p. 1415-1440, 2016. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1192309>

TANG, Kok-Sing. Teaching scientific explanation and argumentation in a post-truth era. **Scan: The Journal for Educators**, v. 40, n. 4, p. 16-20, 2021.

VAN DUZOR, Andrea Gay. Using self-explanations in the laboratory to connect theory and practice: the decision/explanation/observation/inference writing method. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 10, p. 1725-1730, 2016. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00093>

YAO, Jian-Xin; GUO, Yu-Ying. Validity evidence for a learning progression of scientific explanation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 55, n. 2, p. 299-317, 2017. <https://doi.org/10.1002/tea.21420>

YEO, Jennifer; GILBERT, John Kenward. Constructing a scientific explanation: a narrative account. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 11, p. 1902-1935, 2014. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.880527>

ZANGORI, Laura; FORBES, Cory; SCHWARZ, Christina. Exploring the effect of embedded scaffolding within curricular tasks on third-grade students' model-based explanations about hydrologic cycling. **Science & Education**, v. 24, p. 957-981, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9771-9>

Como citar este artigo: CARNEIRO, Thalita de Oliveira; FRANCO, Luiz Gustavo; TELES, Ana Paula Souto Silva; MATOS, Santer Alvares de. Aprendendo a construir explicações científicas: uma análise do cotidiano da sala de aula de ciências. **Revista Brasileira de Educação**, v. 29, e290025, 2024. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782024290026>

Conflito de interesse: Os autores declaram que não possuem nenhum interesse comercial ou associativo que represente conflito de interesses em relação ao manuscrito.

Financiamento: O estudo recebeu financiamento do projeto Ciência na Escola (CNPq).

Contribuições dos autores: CARNEIRO, Thalita de Oliveira: Análise formal, Conceituação, Curadoria de dados, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Investigação, Metodologia. FRANCO, Luiz Gustavo: Administração do projeto, Análise formal, Conceituação, Curadoria de dados, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Obtenção de financiamento, Supervisão. TELES, Ana Paula Souto Silva: Análise formal, Conceituação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Supervisão, MATOS, Santer Alvares de: Análise formal, Conceituação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Supervisão.

SOBRE OS AUTORES

THALITA DE OLIVEIRA CARNEIRO é doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

LUIZ GUSTAVO FRANCO é doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor da Faculdade de Educação da mesma instituição.

ANA PAULA SOUTO SILVA TELES é doutora em Educação: Conhecimento e Inclusão Social pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

SANTER ALVARES DE MATOS é doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor no Centro Pedagógico da mesma instituição.

Recebido em 17 de agosto de 2021

Aprovado em 2 de março de 2023

