


LETRAMENTO CIENTÍFICO A PARTIR DA INTERPRETAÇÃO DE RECURSOS IMAGÉTICOS E PRODUÇÃO DE EXPLICAÇÕES CIENTÍFICAS POR ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

SCIENTIFIC LITERACY FROM THE INTERPRETATION OF IMAGING RESOURCES AND THE PRODUCTION OF SCIENTIFIC EXPLANATIONS BY BASIC EDUCATION STUDENTS

Leandro Antônio de Oliveira  0000-0002-5597-3438
Universidade Federal de Santa Catarina
leandroquiufmg@gmail.com

Nilma Soares da Silva  0000-0003-4692-122X
Departamento de Métodos e Técnicas de Ensino - Faculdade de Educação
Mestrado Profissional em Educação e Docência - PROMESTRE/FaE/UFMG
Universidade Federal de Minas Gerais
nilmafaeufmg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8022106>

Recebido em 28 de fevereiro de 2023

Aceito em 20 de maio de 2023

Resumo: Neste artigo, analisamos explicações científicas feitas por estudantes do Ensino Médio e indícios de letramento científico. Em uma atividade avaliativa que finalizava a aplicação do “projeto água em foco: qualidade de vida e cidadania”, com abordagem em Ciência, Tecnologia e Sociedade, os estudantes realizaram atividades de leitura e interpretação de recursos imagéticos, seguidas pela produção de textos escritos. A partir desses textos, em que os estudantes deveriam apresentar explicações científicas sobre aspectos da poluição da água, realizamos a análise de conteúdo com o uso de ferramentas analíticas. Dentre os principais resultados: a maioria dos estudantes produziu explicações científicas com linguagem próxima à linguagem cotidiana; tais explicações apresentaram densidade semântica relativamente baixa; e os estudantes apresentaram indícios de níveis relativamente baixos de letramento científico. A partir desses resultados, discutimos tais aspectos em termos da Educação em Ciências.

Palavras-chave: Explicação Científica. Letramento Científico. CTS. Educação em Ciências.

Abstract: In this article, we analyze scientific explanations made by high school students and evidence of scientific literacy. In an evaluative activity that ended the application of the “water in focus project: quality of life and citizenship”, with an approach in Science, Technology and Society, students carried out activities of reading and interpretation of imagery resources, followed by the production of written texts. From these texts, in which students should present scientific explanations about aspects of water pollution, we performed a content analysis using analytical tools. Among the main results: most students produced scientific explanations with language close to everyday language; such explanations presented relatively low semantic density; and students showed evidence of relatively low levels of scientific literacy. Based on these, we discuss such aspects in terms of Science Education.

Keywords: Scientific Explanation. Scientific Literacy. STS. Science Education.

1. Introdução

Discussões sobre mudanças de currículos para a melhoria da Educação Básica vêm ocorrendo desde o fim do século passado e, por esse motivo, novas abordagens referentes ao ensino e aprendizagem têm sido propostas. No Brasil, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (BRASIL, 1996) teve influência em propostas pedagógicas para a Educação Básica que foram formuladas nas duas últimas décadas e influencia atualmente a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018). A LDB preconiza que é dever da escola promover situações para que estudantes aprendam para além de ler, escrever e contar, também, formação para o exercício da cidadania. A BNCC reforça esta recomendação e considera importante que estudantes desenvolvam conhecimentos e habilidades para o posicionamento e ação conscientes frente a uma sociedade marcada pelos avanços da Ciência e da Tecnologia. Assim, há incentivo para que professores promovam um ensino de Ciências que fomente nos estudantes o interesse em desenvolver o raciocínio pautado em conhecimentos conceituais (BRASIL, 2018).

Nos últimos anos, vem aumentando o número de pesquisadores da Educação em Ciências que incentiva o envolvimento de estudantes em questões socialmente relevantes para seu posicionamento na sociedade (HODSON, 2014; KELLY, 2008; OGBORN *et al.*, 1996; SILVA; SASSERON, 2021; WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008). Contudo, como apontam Paderna, Yangco e Ferido (2019), apesar disso, tais questões ainda estão pouco presentes nas aulas de Ciências o que, inevitavelmente, é consequência de práticas tradicionais de ensino ainda vigentes. Gilbert (2006), por exemplo, destaca que uma realidade dos currículos de Ciências é que eles privilegiam a abordagem de termos, conceitos e princípios científicos, realidade que é atualmente vista no Brasil com a atual BNCC (FRANCO; MUNFORD, 2018; RODRIGUES; PEREIRA; MOHR, 2020). Para Gilbert, isto se torna um desafio para a promoção de um ensino significativo para estudantes e soma-se a isto a própria “natureza abstrata” da linguagem científica o que exige dos estudantes processos cognitivos e sociais complexos. Visando romper com este tradicionalismo, Hodson (1992, 2014) propõe a promoção da educação em Ciências a partir de quatro perspectivas que, para este autor, devem ser objetivos fundamentais de quaisquer currículos de Ciências: aprender ciência - que se relaciona ao aprendizado de conteúdos, visando-se contextos de aprendizagem nos quais estudantes aprendem e desenvolvem conhecimentos científicos conceituais e teóricos; aprender sobre ciência - que denota modos como eles desenvolvem a compreensão de Ciências como prática ao estudar entidades, processos e fenômenos científicos; fazer ciência - que ocorre quando estudantes participam de e desenvolvem conhecimentos em pesquisa científica para a solução de problemas, principalmente quando há envolvimento na condução e no gerenciamento de suas próprias investigações; e aprender a abordar questões sociocientíficas¹ - que visa o desenvolvimento de “habilidades críticas para enfrentar aspectos pessoais, sociais, econômicos, ambientais e ético-morais dessas questões” (HODSON, 2014, p. 2537).

Um dos caminhos apontados na literatura para o rompimento com o ensino tradicional é o que leva à abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), cunhada por Aikenhead (1988), que a explica a partir de inter-relacionamentos entre aspectos da ciência, da tecnologia e da sociedade, em suas dimensões amplas, no ensino de

¹ Aprender a abordar questões sociocientíficas foi uma perspectiva introduzida por Hodson em uma publicação mais recente (ver HODSON, 2014).

Ciências. Diante disso, consideramos que o ensino promovido nesse contexto é potencial para promover o Letramento Científico (LC) (HODSON, 2014; PALINCSAR; ANDERSON; DAVID, 1993; SANTOS, 2007) de estudantes.

Neste estudo, realizamos uma análise que teve como contexto o desenvolvimento de um projeto temático em aulas de Química e Biologia para turmas de estudantes do Ensino Médio, pautado na abordagem CTS. Ao final do projeto, os estudantes fizeram uma atividade avaliativa (AA) de leitura e interpretação de recursos imagéticos (RI) que apresentavam problemas ambientais relacionados à poluição da água, com posterior produção de texto escrito. Em posse de tais textos, realizamos a análise para investigar como os estudantes teciam explicações científicas e demonstravam indícios de níveis de letramento científico (LC). Para isso, utilizamos categorias de análise para aspectos do discurso escrito, tais como referentes ao uso de termos e conceitos científicos e cotidianos e da dimensão semântica do discurso.

Apesar de discussões sobre a abordagem CTS, LC e explicações científicas serem frequentes na literatura em Educação em Ciências, Rodrigues (2010) considera que discussões sobre como avaliar a qualidade das explicações científicas e relacioná-las com níveis de LC ainda são incipientes. Endossamos as considerações dessa autora, pois nossa busca por trabalhos na literatura apontou esta lacuna. Assim, nossos objetivos neste artigo são analisar explicações científicas elaboradas pelos estudantes que participaram do projeto temático e buscar por indícios de níveis de LC. Dessa maneira, tais objetivos podem ser expressos nas seguintes questões de pesquisa: Quais termos são utilizados por estudantes ao produzirem explicações científicas? Como tais explicações se caracterizam em relação à semântica do discurso? Como o LC dos estudantes pode ser caracterizado a partir disso?

2. Referencial Teórico

A Abordagem CTS e a Educação em Ciências

O mundo vem sofrendo transformações ocasionadas pelo homem há milhares de anos e que, nos últimos séculos, têm sido influenciadas por fatores, tais como mudanças generalizadas nas sociedades, no ambiente, na tecnologia e nas ciências. Contudo, principalmente o aspecto ambiental só se tornou preocupação mundial em um período mais recente da história, sendo mais discutido amplamente a partir da década de 1940. Assim, com o intuito de amenizar os problemas ambientais causados por ações humanas e que se agravam com o passar do tempo, surgiu a preocupação pela proteção de grandes componentes da natureza. Como consequência, o homem voltou sua atenção para a água, o solo, o ar e a vida selvagem. Esse movimento foi incorporado em discussões curriculares escolares que, segundo Santos (2007), fez com que se propusesse um novo currículo para o ensino de Ciências - o currículo com abordagem CTS (AIKENHEAD, 1988; 1992) – que essencialmente considera que a promoção do ensino deve abordar temas que sejam propícios à introdução de problemas abertos, de cunho social ou ambiental. Nesse cenário, estudantes devem ser levados a propor soluções para os problemas a partir de estudos e construção de conhecimentos científicos, consideração da tecnologia tanto para a produção desses conhecimentos quanto para sua aplicação e como esses aspectos se relacionam em termos de sociedade. Assim, as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico ganharam espaço em discussões de sala de aula (AIKENHEAD, 1992).

No Brasil, a abordagem CTS começou a ser introduzida nos currículos de Ciências no final da década de 1970 e só começou a ser incorporada em salas de aula na década seguinte (SANTOS, 2007). Segundo Santos e Mortimer (2000), discussões curriculares em CTS fomentaram a busca pela preparação de estudantes brasileiros para tomadas de decisões frente a situações-problema da sociedade compreendendo a base científica e tecnológica nessas decisões. Além disso, ênfases curriculares têm sido indicadas para estabelecer relacionamentos entre três práticas da ciência: (i) explicação científica; (ii) planejamento tecnológico e solução de problemas; e (iii) tomada de decisão sobre aspectos sociais. Portanto, entendemos que para isso, os estudantes precisam desenvolver habilidades que incluem autoestima, comunicação oral e escrita, pensamento lógico e racional para solucionar problemas, tomada de decisão, aprendizado cooperativo, responsabilidade social, exercício da cidadania, flexibilidade cognitiva e o interesse em atuar em questões sociais.

CTS e LC no Ensino de Ciências

Nas duas últimas décadas, pesquisadores que investigam o ensino em uma abordagem CTS têm demonstrado relações desta abordagem ao LC, (por exemplo, MAMEDE; ZIMMERMANN, 2005; RODRIGUES, 2010; SANTOS, 2007; 2012), termo comumente usado na literatura em Educação em Ciências como sinônimo de Alfabetização Científica (SASSERON; CARVALHO, 2011; SILVA; SASSERON, 2021)². Neste estudo, entendemos LC em uma perspectiva de prática social, implicada na participação ativa dos indivíduos utilizando-se de conhecimento científico (OGBORN *et al.*, 1996; ROBERTS, 2007; ROTH; LEE, 2004). Para nós, esta concepção é adequada a partir da premissa de que o LC envolve, além de ler e escrever textos, um conjunto amplo de outros modos de comunicação (KELLY, 2008; ROBERTS, 2007; ROTH; LEE, 2004).

Diversas são as perspectivas teóricas e metodológicas para caracterizar o LC. Neste artigo, focamos em duas perspectivas apresentadas por Soares (2003), discursiva e literária, que respectivamente esclarecem que (i) a partir de condições sociais envolvidas na produção do discurso é possível construir sentidos para o conhecimento científico; e (ii) nas diferentes esferas sociais da produção do conhecimento científico, diferentes linguagens e tipos de textos podem ser caracterizados. Isto porque consideramos coerente considerar o LC como aspecto relevante em uma conjectura de potencialidades formativas oferecidas a estudantes no ensino de Ciências. Assim, compreendemos que uma maneira de obter respostas a este ponto é lançar olhares mais atentos às explicações científicas que estudantes produzem.

Explicação Científica e o LC

Uma concepção bastante utilizada na literatura em Educação em Ciências é a de que estudantes que desenvolvem LC são capazes de tecer explicações científicas coerentes com os contextos em que elas são realizadas (PALINCSAR; ANDERSON; DAVID, 1993; ROBERTS, 2007). Por exemplo, Palincsar, Anderson e David (1993) realizaram uma revisão na literatura e observaram que aspectos do LC são relacionados

² A literatura expõe relações entre esses temas a ponto de estabelecer que o desenvolvimento de alfabetização científica/LC pressupõe objetivos bastante semelhantes. Apesar das similaridades entre os termos, optamos neste artigo por utilizar o termo LC, principalmente visto que a abordagem analítica que fazemos é próxima ao que Soares (2006) define como uma ampliação de sentidos para além de ações de ler e escrever, diferentemente do que ocorre quando o termo alfabetização científica geralmente é adotado.

à: (i) capacidade de aplicar conhecimentos ou conceitos científicos de maneira baseada em princípios; (ii) facilidade com a linguagem da ciência que permite a interpretação, bem como a produção de texto falado e escrito; e (iii) habilidades colaborativas que promovem a interação social construtiva, vista a natureza inerentemente social da atividade científica. Outros pesquisadores afirmam que a explicação científica é um elemento crucial dos processos de criação de sentidos na comunicação científica (BUCCHI; 2012; OGBORN *et al.*, 1996; WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008). Bucchi (2012) explica que tal explicação só tem sentido quando um arranjo linguístico é elaborado e expresso por palavras que, por si só, são descontextualizadas e automatizadas. Porém, quando organizadas em forma de uma explicação, tais palavras se tornam estereótipos capazes de explicar uma ampla gama de fenômenos.

Explicações científicas são frequentemente utilizadas para caracterizar processos, eventos, propriedades ou entidades observáveis ou não-observáveis das ciências (McNEILL; KRAJCIK, 2008; WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008). Nesse sentido, concordamos com McNeill & Krajcik (2008) que envolver estudantes na explicação científica é um aspecto fundamental da Educação em Ciências, de modo que eles próprios interpretem situações, organizem suas ideias e as apresentem em contextos educacionais o que pode contribuir para uma melhor compreensão sobre como o conhecimento científico é construído e comunicado.

Palincsar, Anderson e David (1993) afirmam que há elementos que caracterizam o LC em termos de engajamento em uma atividade de resolução de problemas, de uso de explicação científica e da qualidade de interações sociais construtivas em uma comunidade. Portanto, consideramos apropriado levar em conta que estudantes em aulas de Ciências podem ter ou atingir níveis de LC, de níveis relativamente mais baixos a níveis relativamente mais altos, a partir de uma análise da qualidade de explicações científicas que seus discursos apresentam. Por exemplo, Santos (2007) destaca que, na perspectiva de LC, estudantes se tornam mais habilidosos em usar os diferentes gêneros da ciência escolar quando atribuem significados ao que estão fazendo. Isto pode ocorrer, por exemplo, a partir de leitura, interpretação e escrita de textos científicos. Além disso, diferentes gêneros de discurso se apoiam tanto na linguagem científica quanto na linguagem cotidiana. Por isso, o estabelecimento de diálogo entre diferentes tipos de linguagem auxilia na construção do conhecimento científico escolar o que pode resultar em estudantes compreendendo melhor os significados nas ciências quando os reconhece por meio da produção de relações entre palavras.

3. Metodologia

Esta pesquisa foi realizada a partir da análise de dados obtidos no contexto de promoção de um projeto temático, planejado e desenvolvido no âmbito do Programa de Bolsas de Iniciação à Docência da área de Química (PIBID/Química) de uma universidade federal (UF), e aplicado em uma escola estadual de Belo Horizonte-MG³. A equipe do PIBID/Química que atuava na escola era composta por cinco bolsistas da área de Química dos quais o primeiro autor fazia parte, uma professora/supervisora de Química, e uma professora coordenadora da UF (segunda autora). Sob a abordagem CTS, o projeto temático visava o ensino e aprendizagem em Ciências a partir do tema

³ A equipe do PIBID/Química atuou na escola durante todo o ano letivo no qual o projeto foi aplicado que, por sua vez, ocorreu de setembro a novembro, intercalado com o ensino de conteúdos químicos curriculares de Química (pela professora supervisora acompanhada pelos bolsistas), vigente naquele contexto.

“água: qualidade de vida e cidadania”. Assim, a investigação de um problema real aberto – a poluição da água da Lagoa da Pampulha, cartão postal da cidade – subsidiava estudos sobre aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais relacionados ao tema a partir de atividades de sala de aula, estudos extraclasse e atividades de campo. Além disso, o projeto visava uma abordagem interdisciplinar do tema contemplando principalmente as áreas de Química, Biologia e Física. Ele foi aplicado em três turmas de estudantes do 3º ano do Ensino Médio, contabilizando 72 estudantes, nas quais a professora/supervisora de Química lecionava. Essa aplicação foi guiada principalmente por uma sequência de ensino em formato de apostila⁴ e pelos livros didáticos adotados pela escola. A equipe se preparava para abordar temas, conteúdos e conceitos científicos previamente. Para os aspectos biológicos, eles contavam com a colaboração da professora de Biologia das turmas que complementava, em suas aulas, discussões que a equipe fazia nas aulas de Química⁵.

De um modo geral, o projeto integra três grupos de atividades⁶, apresentados no quadro a seguir.

Quadro 1 – Principais atividades do projeto temático sobre água: qualidade de vida e cidadania.

Tipo de atividade	Tipo/Tema	Exemplos
Atividades em sala de aula	Leitura e interpretação de textos	Artigos de opinião; reportagens de revistas; jornais; órgãos ambientais; etc.
	Legislação CONAMA ⁷	Conteúdo do CONAMA que versa sobre a qualidade da água: parâmetros; classes; aspectos físico-químicos; etc.
	Conceitos/conteúdos científicos para a tratativa do tema	Propriedades físico-químicas dos materiais; química da água; interações intermoleculares; importância da água para organismos vivos; etc.
	Parâmetros físico-químicos e biológicos (PFQB) de qualidade da água	Turbidez, oxigênio dissolvido, coliformes fecais, metais tóxicos, pH, condutividade elétrica e demanda bioquímica de oxigênio (DBO)
	Impactos da poluição da água	Alteração de pH de recursos hídricos; assoreamento; contaminação da água; doenças causadas por ingestão de água contaminada; aquecimento global; seca; etc.
	Experimentação em sala de aula	Dispersão da luz em sistemas aquosos; água e pH de substâncias usadas no cotidiano; análise qualitativa de coliformes fecais em amostra de água; etc.
	Tecnologia aplicada	Equipamentos de/para - medição de PFQB; monitoramento

⁴ O projeto já havia sido aplicado em alguns anos anteriores em outras escolas contempladas pelo PIBID. Assim, a cada ano, ela era estudada e reelaborada pela equipe atual antes do projeto ser aplicado. Posteriormente à aplicação das atividades, a equipe PIBID/Química se reunia uma vez por semana na UF para refletir sobre a aplicação de atividades da semana e para planejar alterações diversas no material e as aulas para aplicações futuras.

⁵ Nenhum professor de Física se disponibilizou a colaborar com a realização do projeto nas turmas. Por isso, pibidianos e professora de Química se organizaram para contemplar conceitos da Física necessários no contexto de estudos.

⁶ Realizamos esta descrição tanto do projeto e processo de aplicação do mesmo quanto da AA final por serem importantes para que o leitor compreenda o contexto pedagógico de modo mais amplo do que caso apresentássemos esses aspectos de modo mais reduzido. Como pode ser observado, o projeto por si só apresenta uma complexidade relativamente alta frente às atividades que foram realizadas e as possibilidades de engajamento e participação dos estudantes. Assim, buscamos facilitar ao leitor compreender aspectos analíticos da pesquisa que são apresentados a seguir.

⁷ Conselho Nacional do Meio Ambiente.

	ao tema qualidade da água	de qualidade; tratamento de água e revitalização de recursos hídricos poluídos.
Atividades extraclasse	Resolução de exercícios	Exercícios gerais relacionados aos temas/conteúdos abordados no projeto; exercícios de processos seletivos para acesso ao Ensino Superior; etc.
	Produção de relatórios	Produção de relatórios em grupos sobre temas do projeto e resultados de estudos/pesquisas realizados.
	Visita à Lagoa	Saída de campo para estudos <i>in locu</i> na Lagoa da Pampulha (principal objeto de estudo do projeto) - observação, experimentação (PFQB estudados na escola).
	Pesquisa com a população local	Realização de entrevistas pelos estudantes a moradores, turistas, pescadores etc. acerca de aspectos relacionados à Lagoa da Pampulha.
	Ida à câmara	Assembleia geral realizada com a população, em parceria com o poder legislativo da cidade de BH, para a apresentação pelos estudantes de relatórios, proposição e cobrança de soluções para o problema da poluição da água da Lagoa da Pampulha e de outros recursos hídricos da cidade. A assembleia contou com a participação dos estudantes, professores, pais, autoridades locais (representantes de associações de bairros próximos à Lagoa), ambientalistas etc.
AA	Exercícios e relatórios	Atividades de resolução de exercícios e produção de relatórios pelos estudantes durante o projeto.
	Processo e participação	Engajamento e participação dos estudantes em todas as atividades do projeto na perspectiva de uma avaliação processual (KIND; OSBORNE, 2017)
	Produção de texto	AA final de produção de textos a partir de recursos imagéticos (RI) relacionados à poluição da água

Fonte: Os autores.

Esta pesquisa foca principalmente na atividade de avaliação (AA) de finalização do projeto que se refere à produção de texto pelos estudantes a partir de leitura e interpretação de RI, dos tipos charges e tirinhas⁸, que apresentavam contextos relacionados ao tema “poluição da água”. A AA foi elaborada por um bolsista (primeiro autor deste artigo), ao final das aulas do projeto na escola, em um processo sequencial de: (i) pesquisa na *internet* de RI do tipo charges e tirinhas relacionadas à poluição da água; (ii) seleção dos RI que apresentassem contextos, conceitos ou situações que foram abordados em sala de aula; (iii) segunda seleção em busca dos RI que indicavam possibilidades de relacionamentos com PFQB de qualidade da água abordados nas aulas do projeto, o que resultou na seleção de quatro RI, descritos no quadro 2; e descrição do enunciado e comando dessa atividade.

Quadro 2 – Descrição textual dos recursos imagéticos da atividade avaliativa de produção de texto.

RI	Descrição do RI	Expectativas da equipe PIBID/Química com os RI
1	Na tirinha, debaixo d'água, um nadador que usa um cilindro de mergulho com a descrição <i>AIR</i> observa um peixe que usa um cilindro com a descrição <i>WATER</i> .	Estabelecimento de relações entre o contexto da tirinha (poluição da água e falta de oxigênio) com o parâmetro, <i>oxigênio dissolvido</i> em recursos hídricos.

⁸ De um modo geral, entendemos que charges e tirinhas são RI que retratam acontecimentos atuais que abrangem vasta possibilidade de assuntos ambientais, políticos, religiosos etc. por meio da crítica e do humor. Assim, consideramos que interpretar de modo coerente tais RI exige do leitor conhecimentos sobre o assunto e processos cognitivos que o permitam codificar mensagens explícitas ou implícitas que eles apresentam.

2	Na charge, duas capivaras “conversam” enquanto observam um caminhão despejando lixo (contexto explicitamente fezes) no leito de uma lagoa. Em um balão de conversa, uma das capivaras “diz”: “ <i>E depois fazem o maior escândalo quando pisam no nosso cocô!</i> ”	Estabelecimento de relações entre o contexto da charge (poluição da lagoa com lixo contendo fezes) com o parâmetro <i>coliformes fecais</i> em recursos hídricos e doenças causadas pela ingestão de água contaminada.
3	Na tirinha, cujo título é “ <i>Heavy Metal</i> ”, três peixes (mãe, filho roqueiro e amiga da mãe) “conversam”. O filho usa <i>piercings</i> , óculos, pulseiras e roupas com detalhes metálicos. A mãe comenta com a amiga: “ <i>Meu filho mudou muito</i> ” e a amiga responde: “ <i>É o efeito dos metais pesados</i> ”.	Estabelecimento de relações entre o contexto da tirinha (poluição da água com a presença de metais pesados) com o parâmetro <i>metais pesados</i> e sua bioacumulação nos seres vivos.
4	Na tirinha, dois peixes aparentemente da mesma espécie “conversam sentados” à beira de um rio e olham tristes para um tubo de esgoto despejando um líquido escuro na água.	Estabelecimento de relações entre o contexto da tirinha (poluição da água por esgoto), mais genérica, com PFQB diversos (por exemplo, <i>DBO</i> , <i>turbidez</i> , <i>coliformes fecais</i> etc.)

Fonte: Os autores.

O enunciado da AA apresentava ao estudante uma situação fictícia que se resume no seguinte contexto: um colega, ao folhear um jornal, se depara com os quatro RI e não compreende os seus significados, assim é preciso explicá-lo, usando conhecimentos científicos adquiridos durante as aulas do projeto, informando o que os RI comunicavam (em termos de contextos, fenômenos e/ou significados científicos), buscando relacioná-los aos PFQB estudados. Todos os RI continham elementos visuais representacionais que permitiam a elaboração e interrelação de ideias (peixes, lixo, esgoto, água etc.) e de processos (poluição, falta de oxigênio dissolvido, contaminação por metais pesados), além de elementos não diretamente observáveis (substâncias tóxicas, oxigênio dissolvido etc.). A primeira versão da AA foi apresentada à equipe PIBID/Química que, em reunião, buscou a validação (ERICKSON, 2012) da mesma a partir da realização individual da atividade por cada integrante do grupo com posterior discussão sobre a clareza no enunciado e comandos e sobre as possibilidades de produção textual dos estudantes a partir do que foi feito no projeto⁹.

Ao todo, 63 estudantes presentes realizaram a AA. Todos eles receberam e levaram para a casa, para a assinatura de responsáveis, um termo de consentimento livre e esclarecido¹⁰ para uso dos artefatos escritos que eles produziram para fins de pesquisa, dos quais tivemos devolutiva de 51 autorizações. A AA foi aplicada pela professora de Química em duas aulas geminadas (100 minutos) que: organizou os estudantes para a realização da AA individualmente e sem consulta aos materiais; apresentou a AA; discutiu brevemente sobre RI; leu o enunciado da AA; discutiu dúvidas gerais dos estudantes sobre o enunciado; e informou que poderiam ser utilizados quaisquer gêneros textuais na elaboração dos textos, desde que obedecessem ao comando da AA. Ao final da AA, a professora recolheu os manuscritos e realizou a avaliação, discutindo com o grupo PIBID/Química os principais resultados. Ela também selecionou os 51 textos cuja

⁹ Esta ação proporcionou a elaboração das “Expectativas da equipe PIBID/Química com os RI” apresentadas no Q2.

¹⁰ Este termo buscou regimentar os processos éticos da pesquisa em Ciências Humanas. Nele, explicamos aos responsáveis o contexto da pesquisa, os regimentos éticos de preservação da identidade dos estudantes, os fins da pesquisa etc.

autorização para pesquisa foi concedida e digitalizou cada um deles. Por fim, ela devolveu a AA para os estudantes.

De posse dos manuscritos digitalizados, realizamos a análise de conteúdo segundo Bardin (2011). Para isto, primeiramente, o primeiro e segundo autor realizaram uma primeira leitura fluente para identificar e demarcar as explicações científicas que os estudantes apresentaram. Isto foi importante para que fizéssemos um reconhecimento superficial, mas necessário neste primeiro passo analítico uma vez que, com a identificação bem-sucedida de explicações científicas, é possível compreender melhor como estudantes que as produzem apresentam indícios de internalização, apropriação e uso de conhecimentos científicos, aspectos importantes de cidadãos letrados cientificamente (PALINCSAR; ANDERSON; DAVID, 1993). O próximo passo foi realizar uma segunda leitura, mais atenciosa, para reconhecer uso de linguagem cotidiana ou científica escolar nas explicações científicas que eles produziram. Para isto, usamos duas ferramentas analíticas: elementos da gramática funcional de Halliday e Martin (1993) e níveis de densidade semântica (DS) do conhecimento científico apresentados por Santos e Mortimer (2019).

Halliday e Martin (1993) explicam que há elementos da linguagem que aumentam ou diminuem a densidade léxico-semântica de discursos científicos e didático-científicos, dentre os quais destacamos *processos nominalizados* (PN), *referentes empíricos* (RE) e *referentes teóricos* (RT). Tais discursos tendem a apresentar com predominância PN e RE, por facilitarem o estabelecimento de relações entre processos, uma vez que, por se pautarem geralmente em aspectos abstratos (átomos, fenômenos micro e submicroscópicos etc.), necessitam de apropriação e/ou internalização para a sua compreensão. Diferentemente, RE que se referem a termos explícitos e diretamente observáveis, quando utilizados em excesso e sem relações plausíveis nos discursos, tendem a diminuir a densidade léxico-semântica o que por conseguinte exige de quem o usa menor esforço para compreensão. Nos RI da AA (Q2), alguns termos do tipo PN estavam explícitos, ou seja, também RE, em seus elementos representacionais, na forma de desenhos como, por exemplo, poluição da água, sujeira e derramamento de esgoto, o que consideramos tornar mais simples o reconhecimento de seus significados pelos estudantes. Por sua vez, alguns deles estavam implícitos caracterizando também RT, como turbidez, oxigênio dissolvido, substâncias etc. Analisamos também menções a PFQB de qualidade da água como um elemento semântico importante. Isto porque eram RT implícitos nos RI, mas exigidos no enunciado da AA que, quando mencionados coerentemente pelos estudantes, podem aumentar a densidade léxico-semântica de suas explicações científicas. Primeiro e segundo autor realizaram análises individuais das explicações científicas em busca desses elementos. Com os resultados individuais, ambos se reuniram para discuti-los buscando obter consensos e sanar divergências¹¹ (ERICKSON, 2012). Assim, entendemos que a análise desses aspectos adquiriu maior confiabilidade.

Para analisarmos aspectos da semântica do conhecimento apresentado pelos estudantes nas explicações, utilizamos a ferramenta de Santos e Mortimer (2019), apresentada a seguir, que descreve níveis de DS.

¹¹ Quando houve divergências em situações da análise, elas foram discutidas, os dados relacionados a elas analisados simultaneamente pelos autores até que se chegasse a um consenso.

Quadro 3 - Níveis de DS para o conhecimento científico

DS	Nível	Forma	Descrição	Exemplo
Forte ↑ ↓ Fraca	4	Simbólica	Símbolos químicos, diagramas, gráficos, imagens	Diagrama de mudança de fases de um líquido
	3	Conceitual submicroscópica	Requer a compreensão da teoria corpuscular para a explicação do fenômeno	Associação entre a temperatura de ebulição de um líquido e suas propriedades moleculares
	2	Conceitual macroscópica	Relaciona conceitos científicos com aspectos macroscópicos do fenômeno	Associação entre a evaporação e a temperatura de ebulição de um líquido
	1	Macroscópica ou fenomenológica	Relaciona conceitos empregados na linguagem cotidiana com o fenômeno	Associação entre a evaporação de um líquido com a descrição empírica da observação

Fonte: Adaptado de Santos e Mortimer, 2019, p. 70.

Esta ferramenta foi construída pelos autores apoiados na dimensão semântica do conhecimento, apresentada por Maton (2013) com a Teoria dos Códigos de Legitimação (TCL). A TCL caracteriza o conhecimento em níveis de DS e gravidade semântica¹². Resumidamente, a DS considera como os significados se condensam nos termos. Nessa perspectiva, termos ou expressões com significados mais simples (por exemplo, os pautados na linguagem cotidiana) são considerados com DS relativamente fraca (DS-) ao passo que esses elementos do discurso, quando mais especializados e cujos significados são mais elaborados, são considerados com DS relativamente forte (DS+) (MATON, 2013).

Santos e Mortimer (2019) se apropriaram dessa teoria e propuseram a ferramenta com níveis de DS para o conhecimento científico (Q3) que consideramos promissores para análises de discurso. Assim, analisamos a partir da ferramenta de Santos e Mortimer, explicações científicas de trechos discursivo dos textos dos estudantes caracterizando nelas níveis de DS sem desconsiderar os elementos e contextos dos RI. Também nesta fase da análise, ambos autores realizaram análise individual da DS e, posteriormente, se reuniram para discutir os resultados.

As duas ferramentas analíticas que usamos (gramática funcional e dimensão semântica do conhecimento) tiveram importância na padronização da análise e na possibilidade de estabelecimento de relacionamentos coerentes com os diferentes resultados que elas proporcionaram. Assim, a análise dos termos que surgiram e a análise da DS das explicações científicas dos estudantes garantiram maior confiabilidade dos resultados uma vez que, ao realizarmos o cruzamento dos dados e relacionamento entre os resultados, necessitamos (autores) de consensos e discussão sobre possíveis divergências quando ainda havia necessidade. Por exemplo, interrelações foram feitas a partir da identificação de termos das explicações (RE, TR, PN e PFQB) e da categorização de níveis de DS (Q3) das mesmas. Esse movimento analítico recorrente originou tabelas que serviram para visualização do conjunto global de dados e resultados, importante para nos permitir inferir, a partir das explicações científicas, indícios de LC dos estudantes¹³. Para tais inferências, utilizamos parâmetros para LC que se originaram a partir de considerações de Halliday e Martin (1993), Maton

¹² A gravidade semântica, não usada neste artigo, se refere ao grau em que o significado se condensa em um termo ou sentença, no contexto de seu uso. Por isso, se relaciona intrinsecamente à contextualização e descontextualização do conhecimento (MATON, 2013).

¹³ Relembramos que para tais considerações, nos pautamos em todo o processo de estudo e discussão de conteúdos, conceitos e fenômenos estudados na aplicação do projeto temático e no relacionamento a partir da triangulação dos dados e resultados (ERICKSON, 2012) obtidos nas análises descritas anteriormente.

(2013) e Santos e Mortimer (2019) sobre conhecimento científico (discursivo) que são: (i) uso de conhecimentos científicos nas explicações; (ii) uso de RE, RT, PN e PFQB nas explicações, relacionados aos RI; (iii) DS das explicações apresentadas; e (iv) utilização de linguagem – próxima à linguagem cotidiana (LPLCo) (LC de nível baixo) ou próxima à linguagem científica (LPLCi) (LC de nível alto).

4. Resultados e Discussão

Analisamos, as explicações científicas que os estudantes apresentaram em seus textos para contextos, fenômenos e/ou significados científicos dos RI (Q2). Apresentamos alguns trechos de textos para exemplos do uso dos termos indicados. Para preservar a identidade dos estudantes, utilizamos a letra “E” e um número como diferenciação deles. Um dos resultados obtidos foi a identificação e quantificação do uso de RE, RT, PN e menção a PFQB de qualidade da água que pode ser observada no quadro 4. Nele, são apresentados os termos¹⁴ seguidos, respectivamente (entre parênteses) da frequência de uso (número de textos em que foi usado, em um total de 51 textos) e da frequência total (número de vezes que foi usado em todos os textos).

Quadro 4 – RE, RT, PN e parâmetros físico-químicos e biológicos presentes nas explicações científicas dos estudantes

RE	Rio/lagoa/mar (51/154); peixes/peixes contaminados (51/150); lixo (51/102); seres vivos/vida/animais/bichos (51/91); água (51/85); homem/ser humano/pescador/mergulhador (51/67); esgoto/resíduos/mau cheiro (46/56); cilindro de oxigênio/cilindro de água (41/44); plantas/algas (38/60); natureza/meio ambiente (28/33); metal (17/19); indústrias/fábricas (9/9); ar/ar atmosférico (7/8); e luz/luz do sol (6/6).
RT	Oxigênio/gás oxigênio (26/33); elementos químicos (30/31); nutrientes (17/21); e produtos químicos/toxinas/ácidos (5/5).
PN	Problemas ambientais (51/154); diminuição/falta de oxigênio (16/19); respiração/dificuldade de respirar (17/20); doenças (relacionadas à poluição da água) (15/16); fotossíntese (9/9); oxigenação/liberação do oxigênio (7/8); transformação/alteração dos peixes (2/2); e cadeia alimentar (1/1).
PFQB	Metais pesados (33/39); oxigênio dissolvido (16/29); turbidez (7/19); e pH (1/2).

Fonte: Os autores.

Termos do tipo RE explícitos nos RI predominaram nas explicações científicas dos estudantes e entendemos que isto não compromete a qualidade das explicações, desde que sejam apresentados significados semânticos com outros termos em contextos discursivos mais amplos (como quando considerados os de orações, frases ou parágrafos escritos). Por exemplo, para explicar que um dos RI poderia abordar o PFQB oxigênio dissolvido, a estudante E2 usou os RE cilindro de oxigênio, água e mergulhador na sua explicação:

A imagem [RI1] apresenta a situação em que um **peixe** tem um **cilindro de oxigênio** porque ele tem **dificuldades de respirar** [PN], porque não tem oxigênio dissolvido na água e os peixes precisam dele para sobreviver. (E2)

Menções a recursos hídricos diversos, peixes, lixo, seres vivos, água e homem são RE que foram usados por todos os estudantes em alguma de suas explicações científicas. Isto é um indicativo de que a construção de explicações científicas a partir

¹⁴ Em alguns casos, foi necessário agrupar termos com significados semelhantes (por exemplo em poluição ambiental), porém, considerando-se o significado semântico deles nas explicações.

de RI foi influenciada pela visualização de aspectos representacionais, necessárias para a construção de narrativas. Por isso, para indicar melhor níveis de complexidade de tais explicações, outros aspectos precisaram ser analisados.

RT, por serem implícitos nos RI, são característicos de explicações científicas mais elaboradas (com DS relativamente mais alta). Nos textos dos estudantes o uso de RT foi menos frequente do que o uso de RE e se fundamentou basicamente nos termos oxigênio/gás oxigênio, elementos químicos (incluindo cobre, chumbo, enxofre); nutrientes e produtos químicos tóxicos. Isto nos permite inferir que poucos estudantes teceram explicações científicas pautados em termos específicos (RT), importantes para a construção de explicações científicas com LPLCi sobre os RI (como por exemplo, oxigênio no RI1 ou substâncias tóxicas em RI3). A maioria dos estudantes apresentou explicações utilizando predominantemente termos do tipo RE e relações entre eles, o que nos parece ser um indício de (i) uso de LPLCo – porque há predomínio de uso de termos usados em discursos do cotidiano (por exemplo, como na explicação dada por E4 de que “**peixes estavam contaminados pela poluição da água e estavam ficando doentes**”; e (ii) explicações científicas com significados semânticos relativamente simples.

Sobre o uso de PN, todos os estudantes utilizaram derivados do termo “problemas ambientais” (como poluição, derramamento de esgoto e desequilíbrio) e que a visualização dos RI permitiu abordar sem muitos problemas semânticos. Alguns PN implícitos, tais como fotossíntese, diminuição ou falta de oxigênio, cadeia alimentar e problemas de saúde foram menos recorrentes. O uso de poucos termos deste tipo pelos estudantes nos surpreendeu, uma vez que consideramos todo o processo formativo vivenciado no projeto como fonte de conhecimentos sobre os assuntos. Além disso, poucas explicações com uso de LPLCi usando PN foram construídas, como observado no trecho explicativo do texto de E1, referente ao RI4: “o problema ambiental apresentado na tirinha pode estar relacionado com a poluição da água por causa dos resíduos tóxicos que são jogados nela e que podem causar doenças nos seres vivos”. A análise do uso de PN na construção de explicações científicas, portanto, indicou novamente que a maioria dos estudantes se pautou em uma LPLCo e com baixos significados semânticos.

Os estudantes que usaram PFQB em suas explicações o fizeram, quase que na totalidade, apenas mencionando os parâmetros metais pesados, oxigênio dissolvido, turbidez e pH, sendo metais pesados o mais mencionado e os outros com apenas uma menção. Apenas E4 apresentou uma tentativa de explicar o processo de turbidez em “na tirinha [RI4] os peixes podem estar tristes porque observam a **turbidez** da água que é quando partículas na água que não se dissolvem a deixam turva e causam problemas ambientais” (E4). Nas outras explicações, as menções ocorreram sem estabelecimentos de relações explicativas coerentes com os fenômenos, com LPLCo e pautado predominantemente em aspectos representacionais dos RI, como na menção ao pH pelo E7 na expressão: “... na imagem [RI2] o **pH** está comprometido.”.

Análises da DS do conhecimento (MATON, 2013) expresso em explicações científicas de alguns estudantes também foram realizadas à luz da ferramenta analítica de Santos e Mortimer (2019) que, por conseguinte, foram relacionadas às análises sobre a presença de RE, RT, PN e PFQB. Os resultados indicam diferentes níveis de explicações científicas, com predomínio de LPLCo. Vejamos o exemplo de explicações apresentadas pelos estudantes E1 e E2:

[...] porque a **poluição** vem prejudicando, além de nós **seres humanos**, muitos **animais** e **ambientes** onde vivem. Além disso, a maioria **das pessoas** vem reclamando de **locais sujos** onde passam, elas mesmas não ajudam separando ou reciclando seu próprio **lixo**, acabam jogando **metais, pneus** e entre outros objetos em **rios, mares e lagos** próximos à suas **casas** prejudicando a si próprios e aos **seres** que habitam esses **lagos...** (E1)

Os quadrinhos se referem a **poluição de rios, lagos** etc. porque foram umas formas de criticar **os humanos pela poluição ao meio ambiente**, e mostrar o que precisa mudar para manter a **vida, com saúde**, pois a **água** é indispensável na nossa **vida**. (E2)

Nestas explicações há o predomínio de termos do tipo RE e PN predominantemente explícitos nos RI da AA. Nenhum RT foi utilizado para complementar as explicações utilizados. Elas também apresentaram DS- (Q3) por se referirem a elementos imagéticos observados de forma macroscópica (por exemplo, poluição, homem, animais) e fenomenológica (poluição, poluição dos rios) com relações relativamente simples sobre essas formas. Por isso, entendemos que a linguagem característica desses dois casos é LPLCo.

Explicações semelhantes foram recorrentes em textos de 30 estudantes, sendo observadas de forma generalizada e com alguns erros conceituais. Por outro lado, em 10 explicações, percebemos um esforço dos estudantes para descrever/explicar os fenômenos, levando em consideração os processos envolvidos. Por exemplo, E4 desenvolveu um pouco mais suas explicações do que E1 e E2, uma delas relacionada ao RI1 (Q2):

A primeira imagem [RI1], mostra um **peixe** com **cilindro de oxigênio** porque com tanta **sujeira** que jogam na água falta **oxigênio**, e sem **oxigênio** os **peixes** não conseguem sobreviver. (E4)

Nesta explicação, E4 utilizou RE presentes no RI1 peixe, cilindro de oxigênio e incorporou a explicação com o RT oxigênio (substância), o termo falda [de] oxigênio (PN) indicando uma tentativa de abordar o PFQB oxigênio dissolvido, estabelecendo relacionamentos imprecisos entre estes elementos. Além disso, E4 associa a falta de oxigênio na água à sujeira (RE) e o resultado disto indicando a impossibilidade dos peixes de respirarem. Isto foi interpretado como apresentando: DS- de nível 2 (Q3) pois E4 relaciona as formas conceitual e macroscópica (elementos representativos do RI1 para relacionar conceitos primários ao fenômeno (falta de oxigênio na água). Comparadas às explicações de E1 e E2, a explicação de E4 também apresentou LPLCo, contudo, se aproximando mais da linguagem científica visto a utilização de RT e PN, tentativa de explicação de PFQB e DS de nível 2.

Raras explicações apresentaram LPLCi, como fizeram E5 e E6 ao tentarem explicar o RI4 e associá-lo à turbidez:

... isso mostra que a **turbidez** da **água** não permite que a **luz do sol** chegue até as **algas**, as impedindo de fazer a **fotossíntese**. Assim, não contém **oxigênio** suficiente na **água** para a **respiração dos peixes**. (E5)

... podemos interpretar que na **água** há uma baixa quantidade de **oxigênio** que se dá pela alta **turbidez**, gerada pelo **esgoto** liberado na **água**, que não permite a entrada da **luz solar**, não ocorrendo assim a **fotossíntese** das **algas**. (E6)

Ambos os estudantes utilizam RE (água, peixes, esgoto), RT (luz do sol e algas), PN (fotossíntese e respiração dos peixes) e o PFQB turbidez em suas explicações científicas. Pelo conteúdo semântico dessas explicações, ambas apresentam DS+ de nível 3 (Q3), evidenciando uma maior aproximação do discurso à linguagem científica mesmo que denotem alguns erros conceituais. Isto porque E5 e E6 buscaram explicar o fenômeno a partir da compreensão da teoria corpuscular quando associaram a mancha escura na água à turbidez e, conseqüentemente, à falta de oxigênio dissolvido na água. Além disso, inferências sobre o PN fotossíntese, relacionado à turbidez elevam a DS da explicação por agrupar termos com significados mais específicos e semanticamente mais densos.

Sobre o RI3 (Q2) relacionado à bioacumulação de *metais pesados* em seres vivos, mesmo o recurso apresentando explicitamente o termo (metais pesados) e contextualizando o fenômeno nas representações imagéticas, 18 estudantes nem sequer relacionaram o contexto do RI3 ao PFQB em suas explicações e 29 estudantes se referiram à contaminação de peixes com metais pesados com linguagem coloquial e sem ampliar explicações a partir disso e, por isso, utilizaram LPLCo para compor a explicação, como exemplificado a seguir.

A terceira imagem fala sobre os **metais pesados** que podem causar **intoxicação dos peixes**. (E7)

Apenas quatro estudantes conseguiram tecer explicações um pouco mais elaboradas. Por exemplo, E8 e E15 explicaram que:

Os **metais** são muito ruins para **nós** e para os **animais**, pois trazem muitos **riscos à saúde**. Se um **peixe** ingerir **metais pesados** “tipo” o **mercúrio** e depois nos alimentamos desse **peixe**, podemos **perder a memória**. (E8)

Nessa imagem os **peixes** estão **contaminados** com **metais pesados** que podem se **acumular nos animais** e **causar problemas de saúde** tanto nos **peixes** quanto nos **seres humanos que os consomem**. (E15)

Mesmo sendo o PFQB de qualidade da água mais mencionado por estudantes (33) em suas explicações científicas (39), todas as explicações identificadas foram classificadas com DS- de nível 1 e com LPLCo, mesmo que E8 e E15 tenham desenvolvido um pouco mais detalhadamente suas narrativas frente aos outros estudantes.

Por último, consideramos que no contexto da AA, a maioria dos estudantes apresentou indícios de LC baixo quando solicitados a explicar cientificamente RI relacionados à poluição da água. Sobre LC sob este foco, Serrao *et al.* (2016) explicam que quando sujeitos não apresentam domínio de conhecimentos científicos nem de habilidades de reconhecimento, localização de informações técnicas ou científicas sobre aspectos científicos, indica que eles possuem níveis muito rasos de LC. A expressão disto foi observada com as constatações de que grande parte dos estudantes não conseguiu sequer explicar os RI de modo coerente e com LPLCi. Indícios mais consistentes disto foram evidenciados quando constatamos que esses estudantes construíram seus textos remetendo às situações específicas dos RI, explicando-se contextos cotidianos e explícitos nelas, mas sem incorporar às explicações situações, fenômenos e/ou contextos mais amplos. Na maioria das explicações científicas desses estudantes houve predomínio de uso de RE para descrever os RI sem estabelecer

relações entre os constituintes referenciais e sem incorporar de forma organizada conceitos científicos que fizessem sentido.

Resultados semelhantes foram obtidos por outros pesquisadores. Por exemplo, Kuhn (1991) investigou a capacidade de estudantes em construir narrativas explicativas e argumentativas em aulas de Ciências e observou que raramente isto ocorria com fundamentos em conhecimentos científicos estudados em sala de aula, o que levou a destacar várias dificuldades que estudantes enfrentam para isto. Por sua vez, Palincsar, Anderson e David (1993) investigaram estudantes que precisavam utilizar conhecimentos científicos sobre a teoria cinético-molecular na resolução de um problema em sala de aula. Os autores observaram que os estudantes abordaram o problema usando linguagem cotidiana, relativamente simples e, muitas vezes, de modo descuidado, imaturo ou inconsistente para o nível de conhecimento esperado naquele contexto.

Refletindo sobre o nosso contexto de leitura e interpretação de RI e estudantes tecendo explicações científicas sobre eles, concordamos com McNeill e Krajcik (2008) que nessas situações, é esperado que eles tenham dificuldades em articular e defender suas afirmações e justificativas dentro das explicações científicas. Ainda sobre este ponto, concordamos com Mortimer (1996) de que estudantes, quando solicitados a se expressarem, muitas vezes permanecem no plano dos esquemas, mais simples, e não conseguem transitar para o plano das explicações, segundo o autor, um plano superior. Isto pode ser um dos motivos para os quais estudantes não conseguem ampliar suas explicações a fenômenos diversos para além de generalizações, algo que pode estar relacionado às diferenças entre uma teoria científica e os esquemas e subsistemas cotidianos. Uno e Bybee (1994) também constataram que estudantes em aulas de Biologia envolvidos em explicações científicas apresentaram em sua maioria LC baixo (ou raso), constatado a partir da observação de explicações ingênuas que eles deram a fenômenos biológicos estudados. Além disso, assim como ocorreu em nosso estudo, na pesquisa de Uno e Bybee, os estudantes compreenderam e relacionaram pouco termos, ou expressões que usaram quando produziram explicações de cunho científico.

Um pequeno número de estudantes apresentou um nível de LC um pouco mais elevado (do que a maioria), se aproximando do que Serrao *et al.* (2016) denominam como *LC rudimentar*, situação na qual o indivíduo pode até utilizar um vocabulário científico, mas sem o estabelecimento de relações coerentes ou profundas (DS+) entre termos, ou mesmo, usado fora de contexto. Neste estudo, os estudantes que apresentaram este nível de LC interpretaram e compararam informações dos RI a conhecimentos científicos básicos, aprendidos em suas vivências no projeto temático, apresentando explicações científicas simples, carregadas de RE e DS-, relativamente coerentes em sentenças explicativas, mas rasas, cuja DS não ultrapassou o nível 2 (Q3) (SANTOS; MORTIMER, 2019). Contudo, mesmo ainda com LPLCo, observamos que neste caso, houve aproximação à linguagem científica e DS+, com explicações relacionando RE com termos cujos significados são mais complexos (RT, PN e PFQB) nas orações explicativas. Por fim, nenhum estudante apresentou explicações científicas mais aprofundadas e esperadas tendo como norte o que foi estudado no projeto temático, como níveis de LC básico ou proficiente¹⁵ (SERRAO *et al.*, 2006).

¹⁵ LC básico se refere a situações nas quais indivíduos são capazes de usar evidências científicas, estabelecer relações intertextuais em diferentes contextos para elaborar/expressar propostas de resolução de problemas com níveis elevados de complexidade. Por sua vez, LC proficiente se expressa quando indivíduos dominam conceitos e termos científicos, elaboram argumentos consistentes para hipóteses bem

5. Considerações finais

Este trabalho analisou aspectos de explicações científicas apresentadas por estudantes do Ensino Médio, participantes de um projeto temático com abordagem CTS, a partir da leitura e interpretação de RI que os levou à produção de textos sobre o tema poluição da água. A partir disso, analisamos indícios de LC a partir das análises sobre tais explicações científicas. Esclarecemos nosso entendimento de que analisar explicações científicas é apenas uma possibilidade de se inferir sobre níveis de LC, o que não consideramos invalidar os resultados obtidos e nossas reflexões sobre eles.

Nesses termos, os estudantes em geral: usaram predominantemente termos do tipo RE, relativamente simples e explícitos nos RI da AA e poucos RT, PN e PFQB nas explicações; construíram explicações científicas com DS-, de níveis 1 e 2 predominantes; e pautadas quase sempre em LPLCo, com poucas situações em que a LPLCi foi utilizada. Mesmo que poucos estudantes demonstraram esforços para organizar explicações em torno de conhecimentos científicos estudados em sala de aula, esses resultados nos levaram a considerar, de um modo geral, que eles apresentaram níveis relativamente baixos de LC (RODRIGUES, 2010; SERRAO *et al.*, 2006; UNO; BYBEE, 1994; SANTOS, 2007).

Reconhecemos alguns aspectos que podem ter influenciado nesses resultados. Primeiro, a limitação analítica do estudo em analisar apenas uma fonte de dados que se refere à produção textual em uma AA ao final do projeto. Relembramos ao leitor que o projeto temático desenvolvido na escola é um projeto amplo (Q1) que relacionou várias atividades, conteúdos e temas além de aspectos (científico, tecnológico, social, ambiental etc.) e nosso estudo se pautou apenas em uma AA, na qual os estudantes foram convidados a abordar explicitamente conhecimento científico, mesmo que implicitamente outros conhecimentos. Isto pode ter limitado as possibilidades de expressão coerente de explicações científicas pelos estudantes que poderiam ter sido melhor observadas se outros modos de expressão de conhecimentos fossem considerados (por exemplo: discurso oral e gestual; análise de outras atividades e práticas etc.). Segundo, há uma dificuldade relativamente presente nas aulas de Ciências que se refere ao trabalho com leitura e produção de textos, principalmente, de cunho científico, pelos estudantes. Isto porque a comunicação científica por meio de textos já é, por si só, uma tarefa considerada complexa e desafiadora para pesquisadores e, sobretudo, para estudantes da Educação Básica (SPEKTOR-LEVY; EYLON; SCHERZ, 2009). Terceiro, a natureza da AA que exigia dos estudantes a realização de vários processos internos (por exemplo, interpretação, visualização, raciocínio etc.) e externos (representação, expressão, escrita etc.). Nesse mesmo ponto, também chamamos a atenção para uma limitação discutida por McNeill e Krajcik (2008) que diz respeito aos enunciados de AA relacionadas à produção de textos. Neste estudo, os estudantes simularam uma situação cotidiana - conversa com um amigo - que, mesmo solicitando explicações científicas, poderiam induzi-los ao uso da LPLCo, mesmo após à orientação da professora para o comando da atividade. Refletimos sobre, caso a situação simulasse um contexto científico (por exemplo, o estudante sendo um cientista que tivesse que explicar os RI a outras pessoas), se os resultados seriam relativamente os mesmos. Ou seja, concordamos com Palincsar, Anderson e David (1993) de que a motivação intrínseca de enunciados de atividades no ensino de Ciências deve ser pensada com cuidado, visto que podem influenciar em atitudes de estudantes em relação à ciência. Assim, entendemos que outros fatores, além desses, também podem ter contribuído para

formuladas, avaliam e confrontam ideias pautando-se na linguagem científica de maior complexidade e envolvendo diferentes contextos (SERRAO *et al.*, 2006).

o resultado do desempenho dos estudantes na atividade, tais como contextos gerais (por exemplo, da escola) e específicos (por exemplo de sala de aula), tempo de realização, a natureza da AA e a própria natureza procedimental e complexa do LC (WANG *et al.*, 2022).

Rodrigues (2010), com a qual concordamos, acredita que o processo de LC no ensino de Ciências pode ser um referencial importante na discussão dos currículos escolares e em programas de formação de professores. Isto porque a tentativa de melhoria de níveis de LC de estudantes da Educação Básica pode ser um objetivo mais explícito e mais desejado nos documentos curriculares de ensino de Ciências, visto que a BNCC (BRASIL, 2018) apresenta o conceito de LC de modo pontual (BRANCO *et al.*, 2020) e, no campo da Formação de Professores de Ciências, é preciso fomentar situações nas quais, práticas que levem os estudantes a melhorar seus níveis de LC, sejam aprendidas, discutidas e refletidas. Nesse contexto, também precisamos considerar a abordagem CTS no ensino de Ciências como um meio importante de conduzir e motivar estudantes no envolvimento em questões e problemas científicos, tecnológicos, sociais e ambientais e que aprendam a produzir explicações científicas pautando-se nesses aspectos.

Assim, entendemos ser preciso ampliar investigações que relacionem aspectos da comunicação científica (como explicação e argumentação), LC e abordagem contemporâneas de ensino (como as de enfoque CTS). Focar em ações e práticas de estudantes, práticas metodológicas e promoção do ensino por professores de Ciências pode auxiliar-nos a compreender melhor como processos de ensino e aprendizagem em Ciências, que visem algum desses elementos, se configuram na educação. Assim, será possível oferecer a estudantes melhores oportunidades e condições de expressarem seus conhecimentos, suas ideias e suas percepções sobre como ciência, tecnologia, sociedade e ambiente se interrelacionam.

Referências

AIKENHEAD, G. S. An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 25, n. 8, p. 607-629, 1988. <https://doi.org/10.1002/tea.3660250802>

AIKENHEAD, G. The integration of STS into science education. *Theory into Practice*, v. 31, n. 1, p. 27-35, 1992. <https://doi.org/10.1080/00405849209543521>

BRANCO, A. B. G.; BRANCO, E. P.; ZANATTA, S. C.; NAGASHIMA, L. A. O letramento científico na BNCC: possíveis desafios para sua prática. *Revista Contemporânea de Educação*, v. 15, n. 33, 2020. <http://dx.doi.org/10.20500/rce.v15i33.32073>

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB No 9394/96. De 20 de dezembro de 1996. Brasília, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular – BNCC*. Brasília, 2018.

BUCCHI, M. *Science and the media: Alternative routes to scientific communications*. London: Routledge, 2012.

ERICKSON, F. Qualitative Research Methods for Science Education. In: FRASER, B.; TOBIN, K.; MCROBBIE, C. J. (Eds.). *Second International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Springer, 2012. p. 1451-1469.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. Reflexões sobre a Base Nacional Comum Curricular: um olhar da área de Ciências da Natureza. *Horizontes*, v. 36, n. 1, p. 158-171, 2018. <https://doi.org/10.24933/horizontes.v36i1.582>

GILBERT, J. K. On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, v. 28, n. 9, p. 957-976, 2006. <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>

HALLIDAY, M. A. K.; MARTIN, J. R. *Writing science: literacy and discursive power*. London: University of Pittsburgh Press, 1993.

HODSON, D. In Search of a Meaningful Relationship: an Exploration of some Issues Relating to Integration in Science and Science Education. *International Journal of Science Education*, v. 14, n. 5, p. 541-562, 1992. <https://doi.org/10.1080/0950069920140506>

HODSON, D. Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different Goals Demand Different Learning Methods. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>

KELLY, G. Scientific literacy, discourse, and knowledge. In: LINDER, C.; ÖSTMAN, L.; WICKMAN, P-O. (Eds.) *Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction*. Geotryckeriet: Uppsala, 2008, p. 47-55.

KIND, P. E. R.; OSBORNE, J. Styles of scientific reasoning: A cultural rationale for science education?. *Science Education*, v. 101, n.1, p. 8-31, 2017. <https://doi.org/10.1002/sce.21251>

KUHN, D. *The skills of argument*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

MAMEDE, M.; ZIMMERMANN, E. Letramento científico e CTS na formação de professores para o ensino de ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, n. Extra, p. 1-4, 2005.

MATON, K. Making semantic waves: a key to cumulative knowledge-building. *Linguistics and Education*, v. 24, n. 1, p. 8-22, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.linged.2012.11.005>

McNEILL, K. L.; KRAJCIK, J. Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, v. 45, n. 1, p. 53-78, 2008). <https://doi.org/10.1002/tea.20201>

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

OGBORN, J.; KRESS, G.; MARTINS, I.; MCGILLICUDDY, K. *Explaining Science in the Classroom*. Buckingham: Open University Press, 1996.

PADERNA, E. E. S.; YANGCO, R. T.; FERIDO, M. B. Reframing Chemistry Learning: The Use of Student-Generated Contexts. In: SCHULTZ, M.; SCHMID, S.;

LAWRIE, G. A. (Orgs.), *Research and Practice in Chemistry Education*. Geelong: Springer, 2019, p. 31-50.

PALINCSAR, A. S.; ANDERSON, C.; DAVID, Y. M. Pursuing Scientific Literacy in the Middle Grades through Collaborative Problem Solving. *The Elementary School Journal*. v. 93, n. 5, p. 644-658, 1993.

ROBERTS, D. A. Scientific Literacy/Science Literacy. In: ROBERTS, D. A.; ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.) *Handbook of Research on Science Education*. London: Routledge, 2007. p. 729-780.

RODRIGUES, C. *Abordagem CTS e possibilidades de letramento científico no projeto Água em foco: tipos textuais e linguagem científica*. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

RODRIGUES, L. Z.; PEREIRA, B.; MOHR, A. O documento “Proposta para Base Nacional Comum da Formação de Professores da Educação Básica” (BNCFP): dez razões para temer e contestar a BNCFP. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 1-39, 2020. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u139>

ROTH, W-M.; LEE, S. Science Education as/for Participation in the Community. *Science Education*, v. 88, n.2. p. 263-291, 2004. <https://doi.org/10.1002/sci.10113>

SANTOS, B. F.; MORTIMER, E. F. Ondas semânticas e a dimensão epistêmica do discurso na sala de aula de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 24, p. 62-80, 2019. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p62>

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, v. 12, n. 36, p. 474-492, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782007000300007>

SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 9, n. 17, p. 49-62, 2012.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, 133-162, 2000. <https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202>

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SERRAO, L. F. S.; CATELLI, R.; CONRADO, A. L.; CURY, F.; LIMA, A. L. D. A Experiência de um Indicador de Letramento Científico. *Cadernos de Pesquisa*, v. 46, p. 334-361, 2016. <https://doi.org/10.1590/198053143498>

SILVA, M. B.; SASSERON, L. H. Alfabetização Científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 23, p. 1-20, 2021. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>

SOARES, M. Letramento e escolarização. In: RIBEIRO, V. M. (Org.). *Letramento no Brasil*. São Paulo: Gobal, 2003. p. 89-113.

SPEKTOR-LEVY, O.; EYLON, B. S.; SCHERZ, Z. Teaching scientific communication skills in science studies: Does it make a difference?. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 7, n. 5, p. 875-903, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9150-6>

UNO, G. E.; BYBEE, R. W. Understanding the dimensions of biological literacy. *BioScience*, v. 44, n. 8, p. 553-557, 1994. <https://doi.org/10.2307/1312283>

WANG, H. H.; HONG, Z. R.; SHE, H.C.; SMITH, T. J.; FIELDING, J.; LIN, H. S. The role of structured inquiry, open inquiry, and epistemological beliefs in developing secondary students' scientific and mathematical literacies. *International Journal of STEM Education*, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2022. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00329-z>

WINDSCHITL, M.; THOMPSON, J.; BRAATEN, M. Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, v. 92, n. 5, p. 941-967, 2008. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>