

<https://doi.org/10.56117/ReSBEnQ.2022.v3.e032204>

Produção Escrita de Estudantes do Ensino Médio em uma Questão de Ciência do PISA de Tema Conversor Catalítico¹

Written production of high school students in a PISA Science question with a Catalytic Converter theme

Producción escrita de estudiantes de Secundaria en una pregunta de Ciencias de PISA con un tema de Convertidor Catalítico

Jeferson Ferreti Ribas (jferretiribas@gmail.com)
Universidade Estadual de Londrina
<https://orcid.org/0000-0001-8840-2108>

Fabiele Cristiane Dias Broietti (fabieledias@uel.br)
Universidade Estadual de Londrina
<https://orcid.org/0000-0002-0638-3036>

Resumo

Este artigo apresenta um estudo, de natureza qualitativa, cujo objetivo consistiu em analisar a produção escrita de estudantes do Ensino Médio em uma questão de Ciências do PISA que envolve conceitos químicos, da temática Conversor Catalítico. À luz dos procedimentos metodológicos da Análise de Conteúdo foi possível investigar as compreensões acerca de evidências científicas manifestadas nas respostas/explicações de 101 estudantes da 3ª Série do Ensino Médio, a partir do entendimento das informações contidas no suporte e no enunciado da questão. As produções escritas foram analisadas e reunidas em 6 categorias, em que se verificou que 34,65% dos estudantes investigados conseguiram explorar um modelo representacional para analisar e interpretar dados e, dessa maneira, construíram respostas para a questão baseadas em evidências científicas. Em relação as demais produções escritas, foi possível evidenciar que os estudantes não conseguiram recorrer às informações do suporte (texto e ilustração) e enunciado da questão a fim de exteriorizar o fenômeno representado no modelo de um conversor catalítico. Diante de tais resultados, constata-se que a maioria dos estudantes apresentou dificuldades em mobilizar alguns aspectos do Letramento Científico ao construir suas

¹ Este artigo é uma versão ampliada e rediscutida do trabalho publicado nos Anais do XX Encontro Nacional de Ensino de Química realizado de forma virtual entre os dias 8 e 11 de março de 2021.

respostas para a questão, tais como conceitos científicos específicos, processos de investigação e atitudes e capacidades necessárias à tomada de decisões.

Palavras-chave: Produção Escrita. PISA. Letramento Científico.

Abstract

This article presents a study, of a qualitative nature, whose objective was to analyze the written production of high school students in a PISA Science question that involves chemical concepts, with a Catalytic Converter theme. Through the methodological procedures of Content Analysis, it was possible to investigate the knowledge about scientific evidence manifested in the responses of 101 students from the 3rd grade, based on the understanding of the information contained in the support and in the statement of the question. The written productions were analyzed and grouped into 6 categories, in which it was found that 34.65% of the investigated students were able to explore a representational model to analyze and interpret data and, thus, built answers to the Catalytic Converter theme question based on scientific evidence. In relation to the other written productions, it was possible to show that the students were not able to use the support information (text and illustration) and the statement of the question in order to externalize the phenomenon represented in the model of a catalytic converter. Given these results, it appears that most students had difficulties in mobilizing some aspects of Scientific Literacy when building their answers to the question, such as specific scientific concepts, investigation processes and attitudes and skills necessary for decision-making.

Keywords: Written Production. PISA. Scientific Literacy.

Resumen

Este artículo presenta un estudio, de carácter cualitativo, cuyo objetivo fue analizar la producción escrita de estudiantes de Secundaria en una pregunta de Ciencias de PISA que involucra conceptos químicos, de tema Convertidor Catalítico. A través de los procedimientos metodológicos de Análisis de Contenido, fue posible indagar el conocimiento sobre la evidencia científica manifestada en las respuestas de 101 estudiantes de 3er grado, a partir de la comprensión de la información contenida en el soporte y en el enunciado de la pregunta. Las producciones escritas fueron analizadas y agrupadas en 6 categorías, en las cuales se encontró que 34,65% de los estudiantes investigados fueron capaces de explorar un modelo representacional para analizar e interpretar datos y, así, construyeron respuestas a la pregunta del tema Convertidor Catalítico con base en evidencias científicas. En relación con las demás producciones escritas, se pudo evidenciar que los estudiantes no fueron capaces de utilizar la información de apoyo (texto e ilustración) y el enunciado de la pregunta para exteriorizar

el fenómeno representado en el modelo de un catalizador. Dados estos resultados, verifica que la mayoría de los estudiantes tuvieron dificultades para movilizar algunos aspectos de la Alfabetización Científica a la hora de construir sus respuestas a la pregunta, como conceptos científicos específicos, procesos de investigación y actitudes y habilidades necesarias para la toma de decisiones.

Palabras clave: Producción Escrita. PISA. Alfabetización Científica.

Introdução

Os avanços científicos e tecnológicos têm exigido da população a capacidade não apenas de reproduzir os conhecimentos dos conceitos e teorias da Ciência, mas de utilizar esses conhecimentos de modo a se posicionar diante de questionamentos que exigem procedimentos e práticas científicas tanto no contexto escolar como fora dele (Brasil, 2019; Cunha, 2017).

Considerando essa perspectiva, investigações relacionadas à Didática das Ciências têm apresentado reflexões, discussões, ideias e/ou propostas com vistas ao Letramento Científico, visando uma formação de cidadãos que sejam capazes de tomar decisões, resolver problemas e participar de discussões que exigem a compreensão da Ciência e Tecnologia para a vida em sociedade (Chassot, 2003; Lorenzetti & Delizoicov, 2001; Mortimer, 2002; Santos, 2007; Sasseron & Carvalho, 2008).

O Letramento Científico tem sido apontado como a meta primeira do ensino das Ciências na escola (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2013), buscando responder questionamentos sobre “o que é importante que os cidadãos saibam e sejam capazes de fazer” (Brasil, 2019, p. 15).

Embora o termo Letramento Científico seja abordado e discutido em inúmeros documentos educacionais e pesquisas sobre a Didática das Ciências (em âmbito nacional e internacional), esta expressão apresenta múltiplas interpretações que refletem sua pluralidade semântica.

Neste estudo utiliza-se o termo Letramento Científico, pois compartilha-se algumas ideias expressas por Santos (2007) e por documentos relacionados à Avaliação em Larga Escala PISA (*Programme for International Student Assessment* – Programa Internacional de Avaliação de Estudantes) (Brasil, 2019; OCDE, 2016).

Nesse sentido, entende-se que um cidadão letrado cientificamente seja capaz de utilizar seus conhecimentos para conversar, discutir, escrever, ler, interpretar, tomar decisões, se posicionar, de forma significativa, diante de uma série de questões da sociedade mobilizando aspectos da Ciência e da Tecnologia, dentro e fora do contexto de sala de aula.

Diante do exposto, neste artigo é apresentado um estudo que teve o objetivo de analisar a produção escrita realizada por estudantes do Ensino Médio em uma questão de Ciências do PISA que envolve conceitos químicos, de tema Conversor Catalítico, buscando evidenciar algumas tendências de respostas, conhecimentos científicos empregados na resolução da questão, bem como indícios de Letramento Científico.

Letramento Científico, PISA e Produção Escrita: algumas considerações

Quando se fala em um ensino de Ciências visando a promoção de uma formação cidadã dos estudantes, sendo capazes de agirem e atuarem em uma sociedade que cada vez mais exige a tomada de decisões e discussões baseadas em aspectos da Ciência e Tecnologia, não tem como não relacioná-lo a um ensino fundamentado nos pressupostos do Letramento Científico.

No contexto brasileiro, autores da área de Ensino de Ciências empregam as expressões Alfabetização Científica, Enculturação Científica ou Letramento Científico ao se referirem à Educação Científica (Sasseron & Carvalho, 2011). Como mencionado anteriormente, neste estudo utiliza-se termo Letramento Científico.

De acordo com Santos (2007):

[...] o letramento dos cidadãos vai desde o letramento no sentido do entendimento de princípios básicos de fenômenos do cotidiano até a capacidade de tomada de decisão em questões relativas a ciência e tecnologia em que estejam diretamente envolvidos, sejam decisões pessoais ou de interesse público (Santos, 2007, p. 480).

Nessa perspectiva, o documento educacional brasileiro Base Nacional Comum Curricular (BNCC) sugere um ensino das Ciências voltado para a aprendizagem de conhecimentos conceituais, considerando a contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos, e que fundamente-se nos processos e práticas de investigação e nas linguagens das Ciências, com vistas para o desenvolvimento do Letramento Científico, “que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo

(natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das Ciências” (Brasil, 2018, p. 321).

De acordo com o NRC (1996), Letramento Científico refere-se à capacidade do indivíduo de fazer perguntas e encontrar/propor respostas advindas das questões de curiosidade acerca das experiências cotidianas, ou seja, a pessoa precisa ter habilidade para descrever, explicar e prever fenômenos naturais. Além disso, deve ser capaz de ler um artigo científico e se engajar em debates sobre a validade das conclusões, tomar decisões acertadas em relação às tecnologias por meio da Ciência, avaliar a qualidade das informações recebidas e os argumentos, baseados em evidências para produzir conclusões apropriadas (NRC, 1996).

Para o PISA, o conceito de Letramento Científico envolve a ideia de que a compreensão da Ciência e Tecnologia é fundamental na formação de um indivíduo para atuar em sociedade, em que os jovens devem se tornar consumidores críticos diante da informação científica e frente a problemas socioeconômico-ambientais (Brasil, 2019; OCDE, 2016). No PISA, Letramento Científico é definido por três competências e refere-se à:

[...] capacidade de se envolver com as questões relacionadas com a ciência e com a ideia da ciência, como cidadão reflexivo. Uma pessoa letrada cientificamente, portanto, está disposta a participar de discussão fundamentada sobre ciência e tecnologia, o que exige as competências para: - Explicar fenômenos cientificamente: reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos; - Avaliar e planejar investigações científicas: descrever e avaliar investigações científicas e propor formas de abordar questões cientificamente; - Interpretar dados e evidências cientificamente: analisar e avaliar os dados, afirmações e argumentos, tirando conclusões científicas apropriadas (Brasil, 2019, p. 118; OCDE, 2016, p. 37).

O PISA é uma avaliação internacional em larga escala que, por meio de testes constituídos principalmente por questões relacionadas às áreas de Leitura, Matemática e Ciências, avalia até que ponto estudantes construíram conhecimentos e habilidades essenciais para a plena participação na sociedade (Brasil, 2019).

Em uma perspectiva que considera a compreensão da Ciência e Tecnologia como fundamentais na formação dos jovens, as questões de Ciências do PISA buscam avaliar aspectos do Letramento Científico designados por meio de competências, conhecimentos, contextos e atitudes (Brasil, 2019; OCDE, 2016), ansiando que a Educação Científica nas escolas esteja alinhada com a construção do Letramento Científico, de modo a estabelecer

uma formação de jovens que consigam não apenas utilizar os conhecimentos científicos no contexto de sala de aula, mas que sejam capazes de mobilizar os conhecimentos nas mais variadas situações de sua vida em sociedade.

Este exame é realizado por estudantes com idade entre 15 anos e 3 meses e 16 anos e 2 meses, matriculados em instituições educacionais localizadas no país participante e ocorre a cada três anos, em que a cada edição uma das três áreas cognitivas é o foco ou domínio principal da avaliação, com a maior parte dos itens centrada nessa área (aproximadamente metade do total do tempo do teste) (Brasil, 2019). Na primeira edição (ano 2000), o foco foi em Leitura, seguindo de Matemática (2003) e Ciências (2006). Em 2009 iniciou-se um novo ciclo do Programa com ênfase em Leitura (2009), Matemática (2012), Ciências (2015) e, em 2018, voltou-se para ênfase em Leitura.

Em se tratando de trabalhos que investigam sobre o PISA, no estudo de You, Park e Delgado (2020), os pesquisadores examinam as características das escolas dos EUA associadas a duas medidas de Letramento Científico (o conhecimento “de conteúdo” e conhecimento “procedimental e epistêmico”) usando os dados do PISA de 2015.

No estudo de Radisic e colaboradores (2020) o foco foi investigar alguns atributos (índice de status econômico, social e cultural, origem imigrante, gênero, programas de estudo e o ambiente de aprendizagem) de alunos italianos em relação à Ciência e como eles estão associados com o sucesso nesta área do conhecimento.

Ainda no contexto internacional, têm-se o trabalho de Forbes, Neumann e Schiepe-Tiska (2020), em que os pesquisadores analisaram os dados do PISA para identificar relações importantes entre o ensino de Ciências e o desempenho científico dos alunos. O objetivo deste estudo foi explorar ainda mais essas relações, usando os dados do PISA 2015 de uma amostra de 13 países participantes.

Todos os estudos acima mencionados utilizaram programas estatísticos para estabelecerem relações entre distintas variáveis, fazendo uso de um conjunto expressivo de informações.

No trabalho de Martins e Carvalho (2016), as autoras analisam itens de Ciências do PISA a partir da Taxonomia Revisada de Blomm. Os resultados evidenciam, de um lado, a distribuição de itens nos processos cognitivos (lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar), contemplando as dimensões do conhecimento (factual, conceitual,

procedimental) e, de outro lado, a dificuldade dos brasileiros em resolver itens mais complexos, que exigem poder de análise, argumentação e síntese.

Rivelli (2016) realiza uma revisão bibliográfica de produções acadêmicas nacionais (Dissertações e Teses) que pesquisam sobre a avaliação de Ciências no PISA. O levantamento aconteceu até o ano de 2015 e, até esta data, foram encontradas pela autora apenas 7 produções relacionadas à área de Ensino de Ciências (uma Tese e 6 Dissertações), o que revela um número pequeno de estudos que exploram com profundidade o assunto, carecendo o Ensino de Ciências de mais discussões nesse contexto.

Na pesquisa de Fialho e Mendonça (2020), os autores analisaram os resultados do Brasil no conteúdo de Ciências, nos anos de 2006 e de 2015, no PISA, procurando observar as mudanças ocorridas, em relação a aprendizagem de Ciências e em termos de políticas públicas para essas alterações. Ao se fazer as análises, os autores destacam uma estagnação nos resultados brasileiros e, em relação as características de Letramento Científico, evidenciam que os estudantes brasileiros não estão bem, posto que a grande porcentagem dos participantes não conseguiu superar o Nível de Proficiência 2, mínimo de exigência para que o estudante possa ser letrado cientificamente.

Na literatura consultada sobre o tema, o manuscrito de Ribas e Broietti (2020) apresenta um estudo relacionado à análise da produção escrita de estudantes ao responder algumas questões de Ciências do PISA. Acredita-se que investigações relacionadas a este tema podem ajudar a compreender quais as dificuldades dos estudantes para responder tais questões bem como quais são as tendências de respostas, auxiliando entender um pouco melhor os resultados acerca do nível de proficiências dos estudantes nesta avaliação.

No Brasil, a atividade e a análise da produção escrita têm sido destacadas, há pelo menos duas décadas, em inúmeras pesquisas do campo da Educação Matemática como estratégia de avaliação para investigar os processos de ensino e de aprendizagem da Matemática (Alves, 2006; Celeste, 2008; Lopez, 2010; Pedrochi Junior, 2012; Santos, 2014). Estes estudos ressaltam a importância da investigação da produção escrita, uma vez que por meio dela pode ser possível evidenciar as dificuldades de aprendizagem, os erros e suas possíveis causas, além de permitir uma reflexão sobre pontos a serem

revistos nos processos de ensino e de aprendizagem, possibilitando ao professor regular e orientar a aprendizagem de seus estudantes e repensar seu ensino.

Com o objetivo de conhecer as pesquisas relacionadas ao tema produção escrita, Ribas e Broietti (2021) realizaram um estudo de caráter bibliográfico, em que selecionaram 17 Teses e 65 Dissertações da área Ensino de Ciências e Matemática e, por meio da análise, evidenciaram que as pesquisas brasileiras relacionadas ao tema apresentam investigações em que a produção escrita se configurou, principalmente, como instrumento de aprendizagem ou como instrumento formativo. Os trabalhos acadêmicos que utilizaram a produção escrita como instrumento de aprendizagem objetivaram conhecer, identificar, verificar, estudar, compreender, e/ou analisar aspectos relacionados ao conhecimento mobilizado pelos participantes das pesquisas ao resolverem atividades de sala de aula, atividades experimentais e questões presentes em provas e em avaliações educacionais em larga escala. Já os trabalhos acadêmicos que utilizaram a produção escrita como instrumento formativo compreenderam investigações relacionadas à atividade e à aprendizagem docente de licenciandos e professores em serviço ao realizarem ou analisarem produções escritas em atividades consideradas formativas, questões presentes em avaliações educacionais em larga escala e em narrativas experienciais (Ribas & Broietti, 2021)

No contexto em que se desenvolveu a pesquisa realizada por Ribas e Broietti (2021), considerando as Teses e Dissertações selecionadas para o estudo, algumas considerações sobre o ensino das Ciências da Natureza presentes na BNCC (BRASIL, 2018), e com base em alguns referenciais relacionados às múltiplas representações², produção escrita pode ser entendida, na área de Ensino de Ciências e Matemática:

[...] como toda representação escrita, constituída de textos em linguagem natural³, desenhos e imagens, esquemas, gráficos, tabelas, registros algébricos e geométricos, realizada por sujeitos ao explicitarem ideias e entendimentos em diversas situações científicas e/ou matemáticas que exijam a realização de produção escrita (Ribas & Broietti, 2021, p. 371).

² Múltiplas representações se referem à “prática de representar um mesmo conceito de várias formas diferentes” – (Laburú, Barros & Silva, 2011, p. 472).

³ A linguagem natural refere-se à linguagem que o sujeito possui e mobiliza ao realizar a produção escrita. Por exemplo, a leitura de algum conteúdo matemático necessita, ao mesmo tempo, que o sujeito mobilize a linguagem natural (no Brasil, a Língua Portuguesa) e a linguagem matemática (Bastos, 2016).

Ribas e Broietti (2021) destacam que pesquisas relacionadas à produção escrita, a serem realizadas na área de Ensino de Ciências, podem possibilitar contribuições para os processos de ensino e de aprendizagem com vistas ao Letramento Científico por meio da inserção dessas ações nas aulas de Ciências da Educação Básica.

Contexto da Pesquisa e Procedimentos Metodológicos

O estudo apresentado neste artigo faz parte de um Projeto de Pesquisa que busca investigar a produção escrita de estudantes em questões de Ciências do PISA que abordam conceitos específicos de Química (disponibilizadas no Caderno de Itens Liberados de Ciências do PISA⁴). Para tanto, dez questões de Ciências do PISA foram propostas a 101 alunos da 3ª Série do Ensino Médio de três instituições públicas de ensino, localizadas no Município de Londrina - PR⁵. A coleta das informações para a pesquisa ocorreu com o acompanhamento do pesquisador e dos professores desses alunos durante duas aulas de Química, com 50 minutos de duração em cada uma delas.

Neste artigo é apresentada a análise da produção escrita dos estudantes em apenas uma questão, cujo tema é Conversor Catalítico (Quadro 1), considerando a limitação de espaço e as interpretações realizadas.

A questão demanda resposta de construção aberta e é precedida de um texto e de um modelo representativo de conversor catalítico que apresentam informações gerais acerca do funcionamento deste equipamento em veículos automotores.

Além disso, exige a competência⁶ Interpretar dados e evidências cientificamente, que denota a análise e avaliação de dados, suposições e argumentos em representações variadas, além da apresentação de conclusões científicas apropriadas ao contexto (Brasil, 2019). Nesse sentido, para respondê-la, o estudante deve perceber que as informações fornecidas no modelo que representa um conversor catalítico indicam que apenas o

⁴ Caderno de Itens Liberados de Ciências do PISA. Recuperado em 14 de junho, 2021, de http://download.inep.gov.br/download/internacional/pisa/Itens_liberados_Ciencias.pdf.

⁵ A pesquisa seguiu as normas estipuladas pelo Comitê de Ética em Pesquisa e obteve aprovação do Comitê de Ética da Universidade Estadual de Londrina - PR.

⁶ Nesse contexto, competência pode ser entendida como a capacidade de mobilizar e associar um conjunto de recursos ou esquemas mentais de caráter cognitivo, sócio afetivo e psicomotor para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações novas (Perrenoud et al., 2002).

monóxido de carbono (CO) e os óxidos de nitrogênio (NO, NO₂) têm suas quantidades reduzidas, podendo deduzir que um ou o outro, ou os dois, devem ser gases prejudiciais.

Quadro 1 - Questão de tema Conversor Catalítico

CONVERSOR CATALÍTICO

A maioria dos veículos modernos vem equipada com um conversor catalítico que torna os gases emitidos pelo escapamento menos prejudiciais às pessoas e ao meio ambiente. Cerca de 90% dos gases prejudiciais são convertidos em gases menos nocivos. A seguir, apresentamos alguns dos gases que entram no conversor e a maneira como eles saem.

Gases entrando	Gases saindo
Nitrogênio N ₂	Nitrogênio N ₂
Dióxido de carbono CO ₂	Dióxido de carbono CO ₂
Água (vapor) H ₂ O	Água (vapor) H ₂ O
Monóxido de carbono CO	Monóxido de carbono CO (10%)
Óxidos de nitrogênio NO, NO ₂	Dióxido de carbono CO ₂ (90%)
	Óxidos de nitrogênio NO, NO ₂ (10%)
	Nitrogênio N ₂ (90%)

Conversor catalítico

QUESTÃO: Utilize as informações da ilustração acima para dar um exemplo de como o conversor catalítico reduz o efeito prejudicial dos gases do escapamento. Explique sua resposta⁷.

Fonte: Adaptado do Caderno de Itens Liberados de Ciências do PISA (Questão 1, p. 96).

A produção escrita foi analisada e interpretada de acordo com os procedimentos metodológicos da Análise de Conteúdo (Bardin, 2016). A Análise de Conteúdo consiste em um conjunto de técnicas empregadas para analisar mensagens emitidas por diferentes meios de comunicação⁸, sendo possível emitir inferências e interpretações relacionadas ao conteúdo apresentado nessas mensagens.

A análise das mensagens podem ser estabelecidas a partir de referenciais teóricos definidos antes de examinar o *corpus* da pesquisa (teorias *a priori*) ou pelo surgimento

⁷ Para melhor interpretação da produção escrita dos estudantes na questão, foi solicitado que eles explicassem sua resposta.

⁸ "Qualquer veículo de significados de um emissor para um receptor, controlado ou não por este" (Bardin, 2016, p. 38).

de elementos novos ao longo da análise (teorias emergentes ou *a posteriori*), sendo variável de acordo com os dados obtidos e os objetivos da investigação, em que são reunidos, em categorias, elementos semelhantes com a finalidade de produzir as descrições e interpretações possibilitadas pela análise, originando uma compreensão mais aprofundada e detalhada do estudo (Bardin, 2016; Moraes & Galiazzi, 2011).

No contexto desta pesquisa, a partir da análise das respostas e explicações dos estudantes (produção escrita) na questão de tema Conversor Catalítico, foram estabelecidas categorias *a posteriori*, que emergiram por meio da leitura recorrente do *corpus*, em um processo de retomada de leitura dos dados. A produção escrita foi codificada seguindo uma ordem numérica que variou de 1 a 101, precedida da letra “E”. E65, por exemplo, corresponde à produção escrita do estudante de número 65.

A seguir, são apresentadas as descrições, inferências e interpretações provenientes deste estudo.

Resultados e Discussão

Dentre os 101 estudantes investigados, 11 não responderam a questão de tema Conversor Catalítico (E25, E30, E34, E69, E70, E74, E75, E94, E95, E98 e E101). Assim, para compor os resultados deste artigo, primeiramente a produção escrita dos 90 estudantes que apresentaram resposta para a questão foi analisada considerando a proximidade com as respostas esperadas expressas no Caderno de itens liberados de Ciências do PISA, conforme o apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Respostas esperadas para a questão de tema Conversor Catalítico

Crédito Completo

Código 1 – Respostas que mencionam a conversão de monóxido de carbono, ou óxidos de nitrogênio, em outros compostos, como:

- O monóxido de carbono é transformado em dióxido de carbono.
- Os óxidos de nitrogênio são transformados em nitrogênio.
- O monóxido de carbono e os óxidos de nitrogênio prejudiciais são transformados em dióxido de carbono e nitrogênio menos prejudiciais.
- Modifica fumaça prejudicial para fumaça não prejudicial, por exemplo: CO em CO₂ (90%)*.
- Dióxido de carbono e nitrogênio não são tão prejudiciais quanto monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio*.

Nenhum Crédito

Código 0 – Outras respostas.

- Os gases se tornam menos nocivos.
- Purifica o monóxido de carbono e os óxidos de nitrogênio – (Não é suficientemente específica)*.

Código 9 – Não respondeu.

Fonte: Adaptado do Caderno de Itens Liberados de Ciências do PISA (Conversor Catalítico – Correção 1, p. 96-97); *Adaptado de OECD (2007, p. 171).

Neste estudo, foi utilizada a mesma atribuição de créditos para a produção escrita dos estudantes aqui investigados, como apresentado na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Distribuição dos créditos atribuídos às resoluções dos estudantes

Créditos Atribuídos						Total da Amostra	
Crédito Completo		Nenhum Crédito					
Código 1		Código 0		Código 9		N	%
N	%	N	%	N	%		
35	34,65	55	54,46	11	10,89	101	100,00

Fonte: Autoria própria.

Dentre os 101 estudantes investigados, 35 deles (34,65%) receberam em suas produções escritas Crédito Completo (Código 1), uma vez que suas respostas se aproximam das respostas esperadas; enquanto para a produção escrita de 66 estudantes (65,35% dos investigados) foi atribuído Nenhum Crédito, pois as respostas foram diferentes das respostas esperadas (Quadro 2). Desses, 55 estudantes (54,46% dos investigados) receberam em suas produções escritas Código 0 e, como mencionado anteriormente, 11 (10,89% dos investigados) não responderam a questão, recebendo Código 9.

Vale ressaltar que o objetivo deste estudo não se limita na correção das respostas/explicações que os estudantes forneceram para a questão de Ciências do PISA, julgando-as próximas ou distantes das respostas esperadas. Busca-se analisar a produção escrita de estudantes a fim de evidenciar algumas tendências de respostas e conhecimentos científicos empregados na resolução da questão de tema Conversor Catalítico, o que pode ajudar a compreender como os estudantes lidam com o enunciado das questões.

Assim, para melhor composição dos resultados, as respostas e explicações (produções escritas) foram analisadas uma a uma e agrupadas em 6 categorias, apresentadas no Quadro 3, a seguir:

Quadro 3 - Categorização da produção escrita dos estudantes

Categorias	Descrição	Estudantes
1 – Conversão de CO e/ou NO, NO ₂ em CO ₂ e/ou N ₂ , respectivamente	Respostas/explicações que mencionam a conversão de monóxido de carbono (CO) e/ou óxidos de nitrogênio (NO, NO ₂) em outros compostos menos prejudiciais (CO ₂ e/ou N ₂).	E ₁ , E ₅ , E ₆ , E ₈ , E ₁₄ , E ₁₉ , E ₂₀ , E ₂₁ , E ₂₂ , E ₂₉ , E ₃₂ , E ₃₉ , E ₄₂ , E ₄₄ , E ₄₅ , E ₄₆ , E ₄₇ , E ₄₉ , E ₅₁ , E ₅₄ , E ₅₅ , E ₅₆ , E ₅₈ , E ₅₉ , E ₆₀ , E ₆₁ , E ₆₇ , E ₆₈ , E ₇₁ , E ₇₂ , E ₇₃ , E ₇₉ , E ₈₆ , E ₉₃ , E ₉₉ (38,89% das PE)
2 – Transformação dos gases	Respostas/explicações indicando a ocorrência de uma transformação dos gases no interior do conversor catalítico, sem especificar o gás.	E ₁₁ , E ₁₃ , E ₁₇ , E ₁₈ , E ₂₆ , E ₂₇ , E ₄₁ , E ₄₈ , E ₅₀ , E ₅₃ , E ₆₃ , E ₆₅ , E ₆₆ , E ₇₆ , E ₇₈ , E ₈₀ , E ₈₅ , E ₈₉ , E ₉₀ , E ₉₂ , E ₁₀₀ (23,33% das PE)
3 – Redução do efeito prejudicial dos gases	Respostas/explicações indicando que o conversor catalítico torna os gases emitidos pelo escapamento dos veículos menos prejudiciais (poluentes) às pessoas e ao meio ambiente, sem maiores especificações.	E ₂ , E ₃ , E ₄ , E ₇ , E ₁₂ , E ₁₅ , E ₁₆ , E ₃₅ , E ₃₆ , E ₃₈ , E ₄₃ , E ₅₇ , E ₆₂ , E ₈₂ , E ₈₃ , E ₈₈ , E ₉₇ (18,89% das PE)
4 – Influência da água	Respostas/explicações indicando a influência da água na diminuição do efeito prejudicial dos gases que passam pelo conversor catalítico.	E ₂₃ , E ₃₁ , E ₃₃ , E ₇₇ , E ₈₄ , E ₈₇ (6,67% das PE)
5 – Dissolução dos gases	Respostas/explicações indicando que o conversor catalítico dissolve os gases tornando-os menos prejudiciais às pessoas e ao meio ambiente.	E ₉ , E ₈₁ (2,22% das PE)
6 – Respostas / explicações insuficientes	Respostas/explicações insuficientes para interpretação, consideradas sem sentido ou confusas em relação aos objetivos da questão.	E ₁₀ , E ₂₄ , E ₂₈ , E ₃₇ , E ₄₀ , E ₅₂ , E ₆₄ , E ₉₁ , E ₉₆ (10% das PE)

PE: Produções escritas. Fonte: Autoria própria.

A categoria 1 – Conversão de CO e/ou NO, NO₂ em CO₂ e/ou N₂, respectivamente – abarca 35 produções escritas e nela foram alocadas as respostas/explicações que consideraram a conversão de monóxido de carbono (CO) e/ou óxidos de nitrogênio (NO, NO₂) em outros compostos menos prejudiciais, como o dióxido de carbono (CO₂) e/ou nitrogênio (N₂), respectivamente; ou seja, nesta categoria foram agrupadas as respostas/explicações que se aproximam das respostas esperadas, segundo o manual do PISA, para a questão de tema Conversor Catalítico. Na sequência, são apresentados alguns exemplos de respostas:

Ele reduz em 90% a emissão de gases poluentes, transforma o monóxido de carbono (CO) em dióxido de carbono (CO₂) e os óxidos de nitrogênio em nitrogênio. (E₆)

O conversor catalítico separa as moléculas prejudiciais transformando-as em outras moléculas, como podemos perceber no monóxido de carbono e no óxido de nitrogênio. (E₈)

O conversor transformou os óxidos de nitrogênio em óxidos de nitrogênio (10%) e nitrogênio (90%). Ele mudou quase 100% de um gás hiper nocivo, para um menos prejudicial. (E₅₁)

Um exemplo é o monóxido de carbono (CO), onde 90% do gás é convertido em gases menos nocivos, como CO₂ (dióxido de carbono). (E₅₆)

Dentro do conversor catalítico ocorre mudança com os gases: CO → CO (10%) e CO₂ (90%). NO e NO₂ → NO, NO₂ (10%) e N₂ (90%). (E₇₂)

O monóxido de carbono (CO) é convertido em CO₂, sobrando apenas uma pequena quantidade de CO. Já no caso dos óxidos de nitrogênio (NO, NO₂), os gases são convertidos em N₂ e sobra 10% de NO e NO₂. (E₇₉)

Na produção escrita desses estudantes houve a menção da conversão de monóxido de carbono (CO) e/ou óxidos de nitrogênio (NO, NO₂) em outros compostos, apresentando duas tendências de respostas para a questão proposta. Assim como E₆, E₈, E₇₂ e E₇₉, outros 16 estudantes utilizaram mais de um exemplo de como o conversor catalítico reduz o efeito prejudicial dos gases do escapamento dos veículos, considerando as transformações de 90% dos gases monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO, NO₂) em dióxido de carbono (CO₂) e nitrogênio (N₂), respectivamente (E₅, E₁₄, E₁₉, E₂₁, E₂₂, E₂₉, E₃₉, E₄₂, E₄₅, E₄₆, E₅₄, E₅₅, E₅₉, E₆₈, E₉₃ e E₉₉); e quinze estudantes apresentaram apenas um exemplo, em que 12 deles consideraram a transformação do monóxido de carbono em dióxido de carbono (E₂₀, E₃₂, E₄₇, E₄₉, E₅₆, E₅₈, E₆₀, E₆₁, E₆₇, E₇₁, E₇₃ e E₈₆), e 3 consideraram a transformação dos óxidos de nitrogênio em gás nitrogênio (E₁, E₄₄ e E₅₁).

Pode-se dizer que estes estudantes conseguiram explorar o modelo representacional expresso no enunciado da questão, de um conversor catalítico, para analisar e interpretar os dados disponibilizados, uma vez que, em suas produções escritas, identificaram o padrão estabelecido entre os gases na entrada e saída do equipamento representado.

De acordo com o NRC (2012), o desenvolvimento e utilização de modelos e a análise e interpretação de dados constituem algumas práticas das Ciências que os estudantes devem se envolver durante a Educação Básica, referindo-se à importância da promoção de uma Educação Científica com vistas à formação cidadã capaz de utilizar a informação da Ciência e Tecnologia para tomar decisões nas mais variadas situações da vida.

Promover atividades relacionadas à análise e interpretação de dados durante as aulas de Ciências da Natureza da Educação Básica pode possibilitar aos alunos organizar, apresentar, analisar e interpretar dados para que obtenham significado e, conseqüentemente tirar conclusões apropriadas e comunicar resultados (NRC, 2012; OCDE, 2016). Além disso, envolver os discentes na utilização e desenvolvimento de modelos pode possibilitá-los a elaboração de ideias próprias e de representações científicas, uma vez que os modelos permitem uma melhor visualização e compreensão de um fenômeno em investigação, sendo utilizados, na Ciência, para representar a compreensão de um sistema, comunicar ideias e auxiliar no desenvolvimento de perguntas, explicações e soluções para um determinado problema (NRC, 2012).

Na continuidade, vinte e uma produções escritas mencionaram a ocorrência de uma transformação dos gases no interior do conversor catalítico, porém não especificaram os gases e, nesse sentido, foram agrupadas na categoria 2 – Transformação dos gases. A seguir, são apresentados alguns exemplos das respostas/explicações agrupadas nesta categoria:

Ele transforma gases poluentes em gases menos poluentes. (E₁₃)

Ao passar pelo conversor catalítico os gases sofrem uma mudança nas moléculas e nos seus átomos. (E₁₈)

Ele converte os gases, "quebrando" as moléculas, fazendo com que elas não fiquem tão "fortes"/prejudiciais. (E₂₇)

Esse conversor "transforma" os gases prejudiciais em não prejudiciais. Bom, na verdade ele diminui a quantidade transformando em gases menos prejudiciais. (E₆₅)

O conversor catalítico absorve os gases em sua forma inteira e meio que "quebra" eles até se tornarem outros gases que quando liberados não causam tantos danos, que causariam em seu estado inicial. (E₈₀)

Diante das produções escritas apresentadas, as palavras "transforma", "mudança", "converte", "quebra" e suas variações, e o contexto das frases em que elas aparecem referem-se a uma transformação química⁹. Pelos exemplos, pode-se inferir que os estudantes demonstram compreender que no interior de um conversor catalítico ocorre a conversão de gases prejudiciais em outros compostos (gases menos prejudiciais),

⁹ Transformação química: designada também por mudança química ou reação química. Em uma transformação química, a substância apresenta alteração em sua composição, ou seja, é transformada em outra substância quimicamente diferente (Brown et al., 2005).

referindo-se à ocorrência de reações químicas, entretanto não apresentam exemplos de como o conversor catalítico reduz o efeito prejudicial dos gases, demonstrando as transformações supracitadas. As 55 produções escritas alocadas nas categorias 2, 3, 4, 5 e 6 não apresentaram exemplos de gases que têm seu efeito prejudicial reduzido ao passarem pelo interior do conversor catalítico, evidenciando dificuldades dos estudantes em interpretar dados e evidências cientificamente.

Em uma investigação similar foi constatado a dificuldade da maioria dos participantes da pesquisa (estudantes do Ensino Médio com a faixa etária de 15 anos e 3 meses e 16 anos e 2 meses) em responderem uma questão de Ciências do PISA (tema Brilho Labial) que exigia a competência Interpretar dados e evidências cientificamente. Cerca de 63% dos estudantes investigados não conseguiram produzir argumentos e conclusões baseadas em evidências científicas ao acessar informações do suporte e enunciado da questão, que relacionava as proporções dos ingredientes de dois cosméticos (batom e brilho labial) e o modo de preparo de ambos (Ribas & Broietti, 2020).

Na categoria 3 – Redução do efeito prejudicial dos gases – os estudantes limitaram suas respostas/explicações à função do conversor catalítico em diminuir o efeito prejudicial dos gases, ou seja, em tornar os gases emitidos pelo escapamento dos veículos menos prejudiciais (poluentes) às pessoas e ao meio ambiente. A seguir, são apresentados alguns exemplos de respostas dadas pelos estudantes:

Serve como um filtro que reduz o efeito prejudicial dos gases. (E₁₅)

O [conversor] catalítico é como se fosse um filtro que é utilizado para filtrar o ar (gases) do escapamento, fazendo o ar não sair "tão poluído" assim. (E₄₃)

Ele deixa os gases mais nocivos em menor concentração e os não tão nocivos ou não nocivos em sua concentração normal. (E₆₂)

O conversor reduz uma parte do gás tornando-o menos prejudicial. (E₈₃)

Por meio destes exemplos, constata-se que os estudantes constroem suas respostas/explicações com base no texto e na ilustração que antecedem a questão, mencionando apenas que o conversor catalítico reduz a emissão de gases prejudiciais, sem maiores especificações, informações estas que dão suporte à questão. Alguns estudantes (E₁₅ e E₄₃) associam o fenômeno ocorrido no interior de um conversor catalítico ao processo de filtração, como se este equipamento “limpasse os gases”, assim

como ocorre o processo de filtração da água ou de um ar-condicionado (retirada de impurezas da água ou do ar atmosférico que passa pelo filtro do ar condicionado), não levando em conta que no interior de um conversor catalítico ocorre uma transformação química com os gases mais prejudiciais ao meio ambiente.

Mortimer e Miranda (1995), ao discutirem as concepções de estudantes sobre fenômenos envolvendo reações químicas, sinalizam as dificuldades que os alunos apresentam ao lidarem com este conceito. Muitas vezes, se prendendo aos aspectos perceptivos das transformações, os estudantes apresentam dificuldades em transitar entre os níveis fenomenológico e atômico-molecular e não reconhecem a conservação da massa em todos eles.

Uma pequena parcela dos estudantes teve suas respostas/explicações alocadas nas categorias 4 e 5. Seis estudantes consideraram a influência da água na diminuição do efeito prejudicial dos gases que passam pelo interior do conversor catalítico, tendo suas produções escritas alocadas na categoria 4 – Influência da água. Enquanto apenas dois explicitaram a ocorrência de uma dissolução gasosa no conversor catalítico, propiciando assim, a diminuição do efeito nocivos dos compostos que passam pelo equipamento (Categoria 5 – Dissolução dos gases).

A seguir, são apresentados exemplos de produções escritas agrupadas nas categorias 4 e 5, respectivamente:

A água que entra nele [no conversor catalítico] e o nitrogênio devem ajudar no efeito da redução. (E₂₃) Categoria 4

Por conta do vapor da água, o conversor separa as moléculas dos gases mais prejudiciais, deixando elas em uma porcentagem menor. (E₈₄) Categoria 4

Esse conversor deve esquentar os gases que entram, fazendo com que se dissolvam e diminuam seu efeito nocivo. (E₉) Categoria 5

O conversor os separa, dissolve a composição química dos gases os tornando menos nocivos. (E₈₁) Categoria 5

Nove estudantes tiveram suas produções escritas alocadas na categoria 6 – Respostas/explicações insuficientes –, uma vez que apresentaram respostas/explicações consideradas sem sentido ou confusas em relação aos objetivos da questão, sendo, portanto, insuficientes para interpretação, como por exemplo:

O conversor catalítico transforma os gases, ou separa eles e acaba jogando um gás menos poluído no ar. (E₂₈)

Monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio, pois saem duas vezes. (E₃₇)

Que os gases entram no conversor e logo já sai novamente. (E₉₁)

Ao responder que “o conversor catalítico transforma os gases, ou separa eles”, E₂₈ apresenta uma resposta confusa, pois sugere a dúvida se no interior do conversor catalítico há a ocorrência de uma transformação ou separação dos gases. As produções escritas de E₃₇ e E₉₁ também foram consideradas insuficientes para interpretação, pois suas mensagens não possibilitaram maiores inferências relacionadas aos objetivos de resposta para a questão de tema Conversor Catalítico, provocando questionamentos aos pesquisadores, como por exemplo: “Quais são os indícios que levam a afirmar que CO e NO, NO₂ saem duas vezes?” (E₃₇), uma vez que isso não é observado na figura que ilustra um modelo de conversor catalítico; “Que gases são esses que entram no conversor e logo já saem novamente? E o que ocorre com eles?” (E₉₁).

Diante das interpretações das produções escritas realizadas pelos estudantes da 3ª Série do Ensino Médio em uma questão de Ciências do PISA que aborda conceitos específicos de Química, constata-se que 66 estudantes (65,35% dos investigados) se distanciam das respostas esperadas, o que sinaliza dificuldades em produzir respostas baseadas em evidências científicas, mesmo que alguns deles tenham mencionado a ocorrência de uma transformação química no interior do conversor catalítico ou descreveram sobre a função deste equipamento em diminuir o efeito prejudicial dos gases. Entretanto, estes estudantes não apresentaram exemplos de como o conversor catalítico reduz o efeito prejudicial dos gases, tendo como base as informações do texto e da ilustração que representa um modelo de conversor catalítico; ou seja, estes estudantes não mencionaram a conversão dos gases monóxido de carbono (CO) e/ou óxidos de nitrogênio (NO, NO₂) em dióxido de carbono (CO₂) e/ou nitrogênio (N₂), respectivamente, e, dessa maneira, tiveram suas produções escritas alocadas nas categorias 2, 3, 4, 5 e 6.

A falta de detalhamento nas respostas bem como a dificuldade em utilizar as informações da ilustração que representa o modelo de conversor catalítico a fim de exteriorizar o fenômeno, fez com que suas respostas fossem classificadas em distintas categorias, se distanciando das respostas esperadas.

Estes dados talvez podem ajudar a compreender por que os resultados destas avaliações, no contexto brasileiro, têm apontado insuficiências. Por exemplo, no PISA

2018, o Brasil apresentou em Ciências cerca de 55,3% de estudantes abaixo do Nível de Proficiência 2. Isso significa que dentre os brasileiros que realizaram a prova, pouco mais da metade somente consegue usar conhecimento básico para identificar explicações de fenômenos científicos simples e interpretar dados em gráficos e em imagens que exijam baixo nível de demanda cognitiva (Brasil, 2019).

Diante destes resultados, salienta-se a importância de estudos detalhados do desempenho dos estudantes, como por exemplo, a análise de suas resoluções nessas questões, compreendidas como produções escritas, para que se possa compreender como os estudantes lidam com estas questões e quais conhecimentos científicos têm sido mobilizados.

Considerações Finais

A realização deste estudo, de natureza qualitativa, possibilitou investigar as produções escritas de estudantes da 3ª Série do Ensino Médio, a partir do entendimento das informações contidas no suporte e no enunciado de uma questão de Ciências do PISA que envolve conceitos específicos de Química, da temática Conversor Catalítico.

As produções escritas foram analisadas e reunidas em 6 categorias conforme elementos semelhantes, com a finalidade de produzir inferências e interpretações a fim de atingir uma representação do conteúdo investigado.

Mediante a análise realizada, constatou-se que 34,65% dos estudantes investigados conseguiram explorar um modelo representacional para analisar e interpretar dados e, dessa maneira, construíram respostas para a questão de tema Conversor Catalítico baseadas em evidências científicas. Estes estudantes tiveram suas produções escritas alocadas na categoria 1 – Conversão de CO e/ou NO, NO₂ em CO₂ e/ou N₂, respectivamente, uma vez que apresentaram pelo menos um exemplo de como o conversor catalítico reduz o efeito prejudicial dos gases com base nas informações do texto e da ilustração que representa um modelo de conversor catalítico.

Os demais estudantes que apresentaram respostas/explicações para a questão tiveram suas produções escritas alocadas nas categorias 2, 3, 4, 5 e 6. Os registros destes estudantes estiveram relacionados a ocorrência de uma transformação química no interior do conversor catalítico, ou se restringiram apenas a informação da função do

equipamento em tornar os gases menos poluentes, ou indicaram que gases são dissolvidos ao passar pelo conversor, ou ainda, relataram que o conversor catalítico reduz a emissão de gases prejudiciais devido à presença de água em seu interior, em que foi possível evidenciar que estes estudantes não conseguiram recorrer às informações do suporte (texto e ilustração) e enunciado da questão a fim de exteriorizar o fenômeno representado no modelo de um conversor catalítico para descrever ou demonstrar a conversão dos gases monóxido de carbono (CO) e/ou óxidos de nitrogênio (NO, NO₂) em outros compostos (dióxido de carbono (CO₂) e/ou nitrogênio (N₂), respectivamente).

Diante de tais constatações, observa-se limitações em mobilizar alguns aspectos do Letramento Científico, como conceitos científicos específicos, processos de investigação e atitudes e capacidades de pensamento necessárias à tomada de decisões.

Por fim, espera-se que investigações sobre a atividade e análise da produção escrita sejam exploradas no ambiente escolar, de modo que os professores de Ciências passem a ter olhares diferenciados para a produção escrita a fim de possibilitar reflexões sobre o seu ensino e sobre a aprendizagem de seus alunos. Além disso, de acordo com Ribas e Broietti (2020, p. 260), salienta-se que as aulas de Ciências promovam ações que contemplem o Letramento Científico, “fazendo com que os estudantes sejam capazes de desenvolver ideias e maneiras científicas de pensar, resolver problemas e tomar decisões na vida pessoal, cívica e profissional”.

Referências

- Alves, R. M. F. (2006). *Uma Análise da Produção Escrita de Alunos do Ensino Médio em Questões Abertas de Matemática* [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina].
- Bardin, L. (2016). *Análise de Conteúdo*. Edições 70.
- Bastos, C. L. (2016). *Representações em Matemática: Observações para o Ensino e a Aprendizagem em Geometria* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás].
- Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Ministério da Educação.
- Brasil. (2019). *Relatório Brasil no PISA 2018: versão preliminar*. INEP/MEC.
- Brown, T. L., Lemay-Jr, H. E & Bursten, B. E. (2005). *Química: a ciência central*. Pearson Prentice Hall.

- Celeste, L. B. (2008). *A produção escrita de alunos do Ensino Fundamental em questões de Matemática do PISA* [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina].
- Chassot, A. I. (2003). Alfabetização Científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, 22, 89-100.
- Cunha, R. B. (2017). Alfabetização científica ou letramento científico? Interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. *Revista Brasileira de Educação*, 22(68), 1-18.
- Fialho, W. C. G. & Mendonça, S. (2020). O PISA como indicador de aprendizagem de Ciências. *Roteiro*, 45, 1-24.
- Forbes, C. T., Neumann, K. & Schiepe-Tiska, A. (2020). Patterns of inquiry-based science instruction and student science achievement in PISA 2015. *International Journal of Science Education*, 1-24.
- Laburú, C. E., Barros, M. A. & Silva, O. H. M. (2011). Multimodos e múltiplas representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica. *Ciência e Educação*, 17(2), 469-487.
- Lopez, J. M. S. (2010) *Análise Interpretativa de Questões Não-Rotineiras de Matemática* [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina].
- Lorenzetti, L. & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização Científica no contexto das séries iniciais. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(1), 1-17.
- Martins, M. I. & Carvalho, N. M. (2016). Níveis de Proficiência do PISA e a Taxonomia de Bloom Revisada. *Anais do Terceiro Congresso Internacional de Ensino das Ciências (SIEC)*.
- Moraes, R. & Galiuzzi, M. C. (2011). *Análise Textual Discursiva*. Editora Unijuí.
- Mortimer, E. F. (2002). Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(1), 36-59.
- Mortimer, E. F. & Miranda, L. C. (1995). Concepções de estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, 2, 23-26.
- NRC – National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards.
- NRC – National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. National Academy.
- OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. (2016). *Brasil no PISA 2015: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros*. Fundação Santillana.
- OECD. (2007). *PISA 2006 – Estrutura da Avaliação: conhecimentos e habilidades em Ciências, Leitura e Matemática*. Editora Moderna.
- Pedrochi Junior, O. (2012). *Avaliação como Oportunidade de Aprendizagem em Matemática* [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina].
-

- Perrenoud, P., Thurler, M. G., Macedo, L., Machado, N. J. & Alessandrini, C. D. (2002). *As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da Avaliação*. Editora Artmed.
- Radisic, J., Selleri, P., Carugati, F. & Baucal, A. (2020). Are students in Italy really disinterested in science? A person-centered approach using the PISA 2015 data. *Science Education*, 105, 438-468.
- Ribas, J. F. & Broietti, F. C. D. (2021). Contribuições das pesquisas em Ensino de Ciências e Matemática atinentes à produção escrita. *ReBECER Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática*, 5(2), 344-380.
- Ribas, J. F. & Broietti, F. C. D. (2020). Um estudo da produção escrita de estudantes do Ensino Médio em questões de Ciências do PISA. *Amazônia Rev. de Educ. em Ciências e Matemáticas*, 16(36), 244-262.
- Rivelli, H. (2016). A pesquisa sobre a avaliação de Ciências do PISA no Brasil: um estudo a partir da análise de dissertações e teses. *Anais do Terceiro Congresso Internacional de Ensino das Ciências (SIEC)*.
- Santos, E. R. (2014). *Análise da produção escrita em Matemática: de estratégia de avaliação a estratégia de ensino* [Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Londrina].
- Santos, W. L. P. (2007). Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, 12(36), 474-492 e 549-550.
- Sasseron, L. H. & Carvalho, A. M. P. (2008). Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), 333-352.
- Sasseron, L. H. & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59-77.
- Tenreiro-Vieira, C. & Vieira, R. M. (2013). Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e matemática. *Revista Brasileira de Educação*, 18(52), 163-188.
- You, H. S., Park, S. & Delgado, C. (2020). A closer look at US schools: What characteristics are associated with scientific literacy? A multivariate multilevel analysis using PISA 2015. *Science Education*, 1-32.

Submetido em: 16/06/2021

Aceito em: 03/05/2022

Publicado em: 12/05/2022