

# Um estudo das Práticas Científicas em questões do PISA<sup>1</sup>

Paulo dos Santos Nora<sup>1</sup>, Fabiele Cristiane Dias Broietti<sup>1</sup>

paulo.nora@gmail.com, fabieledias@uel.br

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Londrina (UEL), Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445, km 380, Londrina, Paraná, Brasil.

## Resumo

Este artigo consiste em um estudo acerca das Práticas Científicas (PC) contempladas em questões de Ciências do PISA. Com base nas análises dos enunciados e das respostas esperadas buscou-se identificar e analisar as Práticas Científicas presentes nas questões, a saber: formular questões; desenvolver e usar modelos; planejar e realizar investigações; analisar e interpretar dados; fazer uso do pensamento matemático e computacional; construir explicações; argumentar a partir de evidências e; obter, avaliar e comunicar a informação. Trata-se de uma investigação predominantemente qualitativa respaldada nos pressupostos metodológicos da análise de conteúdo. Foram analisadas as questões que envolvem conceitos químicos das provas dos anos 2000 até 2015, totalizando 59 questões. Considerando estas práticas como categorias *a priori*, mediante as análises destacamos os seguintes resultados: construir explicações; analisar e interpretar dados; e planejar e realizar investigações foram as Práticas Científicas mais evidenciadas nas questões, práticas que estão em concordância com as competências exigidas pelo PISA. Além disso, as PC demonstraram ser ações que auxiliam na compreensão de fenômenos e na resolução de problemas, contribuindo para a aprendizagem científica.

**Palavras-chave:** Práticas Científicas; Questões do PISA; Conteúdos Químicos.

## A study of the scientific practices in questions of the PISA

### Abstract

This article consists of a study about the Scientific Practices (PC) contemplated in PISA Science issues. Based on the analyzes of the statements and the expected answers, we sought to identify and analyze the Scientific Practices present in the questions, namely: asking questions; developing and using models; planning and carrying out investigations; analyzing and interpreting data; using mathematics and computational thinking; constructing explanations; engaging in argument from evidence and; obtaining, evaluating and communicating information. It is a predominantly qualitative research supported by the methodological assumptions of content analysis. The questions involving chemical concepts of the tests from the years 2000 to 2015 were analyzed, totaling 59 questions. Considering these practices as *a priori* categories, through the analyzes we highlight the following results: constructing explanations; analyzing and interpreting data; and to planning and carrying out investigations were the Scientific Practices most evidenced in the issues, practices that are in agreement with the competences required by PISA. In addition, the PC have been shown to be actions that help in understanding phenomena and problem solving, contributing to scientific learning.

**Keywords:** Scientific Practices; PISA Questions; Chemicals Contents.

## Un estudio de las Prácticas Científicas en cuestiones del PISA

### Resumen

Este artículo consiste en un estudio sobre las Prácticas Científicas (PC) contempladas en cuestiones de Ciencias del PISA. Con base en los análisis de los enunciados y de las respuestas esperadas se buscó identificar y analizar las Prácticas Científicas presentes en las cuestiones, a saber: formular cuestiones; desarrollar y utilizar modelos; planificar y realizar investigaciones; analizar e interpretar datos; hacer uso del pensamiento matemático y computacional; construir explicaciones; argumentar a partir de evidencias y; obtener, evaluar y comunicar la información. Se trata de una investigación predominantemente cualitativa respaldada en los presupuestos metodológicos del análisis de contenido. Se analizaron las cuestiones que involucran conceptos químicos de las pruebas de los años 2000 hasta 2015, totalizando 59 cuestiones.

<sup>1</sup> Uma versão preliminar deste artigo foi apresentada no XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, realizado no ano de 2016.

Considerando estas prácticas como categorías a priori, mediante los análisis destacamos los siguientes resultados: construir explicaciones; analizar e interpretar datos; y planificar y realizar investigaciones fueron las Prácticas Científicas más evidenciadas en las cuestiones, prácticas que concuerdan con las competencias exigidas por el PISA. Además, las PC demostraron ser acciones que auxilian en la comprensión de fenómenos y en la resolución de problemas, contribuyendo al aprendizaje científico.

**Palabras clave:** Prácticas Científicas; Cuestiones del PISA; Contenidos Químicos.

## Une étude des pratiques scientifiques dans les questions du PISA

### Résumé

Cet article consiste en une étude sur les pratiques scientifiques (PC) envisagées dans les questions scientifiques du PISA. Sur la base des analyses des déclarations et des réponses attendues, nous avons cherché à identifier et analyser les Pratiques Scientifiques présentes dans les questions, à savoir: formuler des questions; développer et utiliser des modèles; planifier et mener des enquêtes; analyser et interpréter les données; faire usage de la pensée mathématique et computationnelle; construire des explications; argumenter à partir de preuves et; obtenir, évaluer et communiquer l'information. C'est une recherche principalement qualitative soutenue par les hypothèses méthodologiques de l'analyse de contenu. Les questions ont été analysées impliquant des concepts chimiques de preuves des années 2000 à 2015, pour un total de 59 questions. Compte tenu de ces pratiques comme catégories a priori, à travers l'analyse a mis en évidence les résultats suivants: construire des explications; analyser et interpréter les données; et pour planifier et mener des enquêtes, les Pratiques Scientifiques les plus mises en évidence dans les problématiques, pratiques en accord avec les compétences requises par PISA. En outre, il a été démontré que les PC sont des actions qui aident à comprendre les phénomènes et à résoudre les problèmes, contribuant ainsi à l'apprentissage scientifique.

**Mots clés:** Pratiques scientifiques; Questions du PISA; Contenu chimique.

## 1. INTRODUÇÃO

O PISA é uma avaliação internacional de larga escala que afere habilidades em leitura, matemática e ciências ao final da escolaridade básica. Na área de ciências, o PISA preconiza o letramento científico, enfatizando que não basta, ao estudante, saber somente os conteúdos disciplinares, mas a importância de reconhecer essas informações em outros contextos, externos ao ambiente escolar.

O termo letramento científico é definido, no PISA, com base em quatro principais dimensões de natureza diferenciada: conteúdos, processos, contextos e atitudes (OCDE, 2007). A primeira diz respeito aos conhecimentos dos alunos e à sua capacidade para utilizar esses conhecimentos, enquanto executam processos cognitivos característicos da ciência e da investigação científica, em contextos de relevância pessoal, social e global. A segunda está relacionada aos processos científicos, centrados na capacidade de adquirir, interpretar e agir baseado em evidências. A terceira dimensão define uma variedade de situações da vida cotidiana, e não limitadas ao contexto escolar, que envolvam ciência e tecnologia. Por fim, a dimensão das atitudes desempenha um papel significativo no interesse, na atenção e nas reações dos indivíduos frente à ciência e à tecnologia (OCDE, 2007).

Um documento, elaborado por um comitê de pesquisadores norte-americanos, o *National Research Council* (NRC, 2012), com o título *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, discute como a escola pode ajudar os estudantes a compreender seu ambiente, a partir dos conhecimentos científicos, e como poderia ser o processo de ensino e aprendizagem de ciências a fim de contemplar esta formação. O NRC (2012) aponta a relevância da construção do conhecimento humano perante o mundo, integrando os processos de ensino e aprendizado das ciências e descreve três dimensões necessárias para isso, a saber: 1) Práticas Científicas: em que são descritas as principais práticas que os cientistas empregam para

investigar, construir modelos e teorias sobre o mundo; 2) Conceitos Transversais: são conceitos unificadores que têm aplicação em todos os domínios das Ciências; e, 3) Ideias Centrais Disciplinares: partes essenciais das disciplinas científicas a serem abordadas.

Esse documento amplia as discussões já iniciadas em anos anteriores, relacionadas à aprendizagem científica em ambientes formais (NRC, 2007) e em ambientes informais (NRC, 2009). O NRC (2007) procura (re)definir o que é ser proficiente em ciências e como deve ser o trabalho em sala de aula com estudantes do nível K-8<sup>2</sup>. O NRC (2009) analisa os objetivos do ensino de ciências em ambientes informais e investiga o potencial das configurações extra escolares para a aprendizagem das ciências.

Na literatura nacional destacamos alguns trabalhos que fizeram uso desses referenciais em diferentes contextos educacionais: Fejolo, Arruda e Passos (2013) elaboraram os Focos da Aprendizagem Científica (FAC), a partir do NRC (2007; 2009), e identificaram nos diálogos informais de licenciandos em Física, participantes do PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência –, as evidências de aprendizagem científica. Arruda, Passos e Fregolente (2012), propuseram uma analogia aos FAC, originando os Focos da Aprendizagem Docente (FAD), um instrumento que pode ser utilizado para analisar o aprendizado para a docência, incorporando múltiplas dimensões, tanto na formação inicial como na formação em serviço. Arruda *et al.* (2013) analisaram diálogos de

<sup>2</sup> O sistema de ensino norte-americano compreende 12 anos ou “graus” (do 1º ao 12º) de ensino prévios ao ingresso no ensino superior. Estes se dividem em três etapas: Elementary school. Cinco graus dos 6 aos 10 anos; Middle school. Três graus dos 11 aos 13 anos e High school. Quatro graus dos 14 aos 17 anos. Após concluir o grau 12 os alunos podem seguir para o ensino superior, que pode ser profissionalizante e/ou técnico (2 anos), profissional e universitário (4 anos). Disponível em: <<http://www.universia.com.br/estudar-exterior/estados-unidos/sistema-ensino/estrutura-do-sistema-ensino/777#>>. Acesso em 10 set. 2017.

situações de aprendizagem que ocorrem no dia a dia, como a conversa de uma mãe com sua filha no carro no retorno à sua casa, a partir dos Focos da Aprendizagem Científica, de acordo com o NRC (2007; 2009).

Dessa forma, acreditamos que esses referenciais ampliam a discussão sobre a aprendizagem em ciências, conseqüentemente sobre a avaliação de aspectos científicos, pois além de abordar conteúdos, incluem aspectos inerentes à aprendizagem científica, uma vez que aprender ciências é estar envolvido em um amplo conjunto de conhecimentos que vão além da perspectiva conceitual.

Diante do contexto apresentado, destacamos como objetivo desse artigo identificar e analisar as Práticas Científicas (PC) contempladas em questões de ciências do PISA que abordam conteúdos químicos. A partir desse movimento buscamos compreendê-las inseridas no contexto do letramento científico.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. As Práticas Científicas

As Práticas Científicas (PC) descritas no NRC (2012) se referem não somente às atividades ou ações que envolvem a etapa experimental em ciências, mas englobam um conceito mais amplo, indicam ações ou ‘recursos’ que os cientistas utilizam para investigar e construir teorias e modelos, a respeito dos fenômenos. Os autores do documento ressaltam que o termo “prática” é usado no lugar de habilidade, para enfatizar que o envolvimento em investigações científicas requer não somente habilidades, mas também o conhecimento, que é específico para cada prática (NRC, 2012, p. 30). Reforçando esse entendimento, destaca-se que: “[...] o envolvimento em investigações científicas requer articulação, ambos de conhecimento e de habilidade, simultaneamente” (NRC, 2012 p. 41, tradução nossa)<sup>3</sup>. Nessa perspectiva, se engajar nas PC ajuda os estudantes a entenderem como os conhecimentos científicos se desenvolvem, fornecendo condições para a apreciação de múltiplas abordagens para investigar, modelar e compreender o mundo.

Ou seja, compreender a ciência envolve a compreensão de um conjunto de práticas, que inclui o desenvolvimento da teoria, do raciocínio, e dos testes que abrangem a participação de outras pessoas e instituições (comunidades), com uma maneira especializada de falar, com o uso de sistemas e modelos para representar fenômenos, construção de instrumentação adequada e pelos testes de hipóteses, por experimentação ou observação (NRC, 2012).

Esta é uma visão de ciência que visa minimizar a tendência de reduzir a prática, a somente um conjunto de procedimentos, identificação de variáveis, classificação e verificação de erros. Além disso, os procedimentos não podem estar isolados dos conteúdos da ciência, assim é importante que as práticas sejam um meio de desenvolver uma compreensão mais aprofundada dos conceitos e dos propósitos da ciência. Portanto, por meio do engajamento nas PC é possível que os estudantes conheçam como os

conceitos foram construídos e por que algumas teorias estão mais estabelecidas do que outras.

O NRC (2012) descreve oito práticas, consideradas essenciais a serem desenvolvidas ao longo da escolarização. Vale destacar que, ao fazer ciência, as PC são desenvolvidas de forma interativa e em combinação; elas não devem ser vistas como uma sequência linear de passos a serem tomados, na ordem apresentada. Apresentamos no Quadro 1 as PC e algumas descrições.

<sup>3</sup> Texto, no original: “We use the term “practices,” instead of a term such as “skills,” to stress that engaging in scientific inquiry requires coordination both of knowledge and skill simultaneously.”

**Quadro 1: Práticas Científicas e algumas descrições**

Práticas Científicas (PC)	Descrição
<b>PC1</b> <b>Formular questões</b>	Consiste em fazer perguntas sobre um fenômeno e procurar desenvolver teorias que podem providenciar respostas para as questões; reformular e refinar questões a serem respondidas.
<b>PC2</b> <b>Desenvolver e usar modelos</b>	Envolve a construção e utilização de uma ampla variedade de modelos e simulações para ajudar a desenvolver explicações sobre fenômenos naturais.
<b>PC3</b> <b>Planejar e realizar investigações</b>	Apoia-se em planejar e conduzir uma sistemática de investigação, que requer a identificação do que está sendo investigado e pode tratar com variáveis dependentes e independentes.
<b>PC4</b> <b>Analisar e interpretar dados</b>	Consiste em analisar os dados sistematicamente, advindos de uma investigação científica, testá-los com as hipóteses iniciais, reconhecer conflitos, a fim de transformá-los em informação e/ou conhecimento, por meio de recursos apropriados para, posteriormente, comunicá-los a outros indivíduos ou grupos.
<b>PC5</b> <b>Fazer uso do pensamento matemático e computacional</b>	Compreende o uso de abordagens matemática e computacional que permitem previsões do comportamento de sistemas físicos, juntamente com o teste de tais previsões, por meio dos dados inseridos, reconhecimento, expressão de aplicações e relações quantitativas.
<b>PC6</b> <b>Construir explicações</b>	Consiste em aplicações da teoria para uma situação específica ou fenômeno. Esta prática compreende a construção lógica de explicações coerentes de fenômenos que incorporam a compreensão atual da ciência, ou um modelo que o representa, e são consistentes com a evidência disponível.
<b>PC7</b> <b>Argumentar a partir de evidências</b>	Concebe-se que uma boa argumentação científica é fundamentada por evidências, sendo possível examinar seu próprio entendimento e a dos outros. Na ciência, raciocínio e argumentação são essenciais para identificar os pontos fortes e fracos de uma linha de pensamento e para encontrar a melhor explicação para um fenômeno natural.
<b>PC8</b> <b>Obter, avaliar e comunicar a informação</b>	Compreende a comunicação de ideias e dos resultados da investigação, que podem ser exteriorizadas, oralmente ou por escrito, e do engajamento nas discussões com os seus pares. A ciência não pode avançar se os cientistas são incapazes de comunicar claramente suas descobertas e aprender sobre os resultados dos outros cientistas.

**Fonte:** Adaptado NRC (2012, p. 41 - 79), tradução nossa

Considerando que as PC são constituídas por ações empregadas na resolução de problemas ou compreensão de fenômenos, a fim de se investigar, construir modelos e teorias sobre o mundo, acreditamos serem essenciais na constituição do letramento científico.

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 conclusões apropriadas.

Nessa perspectiva e corroborando o que está mencionado na Matriz de Ciências do PISA 2015, o letramento científico é mais do que o conhecimento de leis e teorias:

[...] requer não apenas o conhecimento de conceitos e teorias da ciência, mas também o conhecimento sobre os procedimentos e práticas comuns associadas à investigação científica e como eles possibilitam o avanço da ciência (OECD, 2013, p.4).

### 3. METOLOGIA

#### 3.1. O contexto da pesquisa

Com o propósito de identificarmos e analisarmos as PC mencionadas no NRC (2012) optamos por investigar questões de ciências do PISA, em especial aquelas que abordam conteúdos químicos<sup>4</sup>. O PISA é uma avaliação internacional, elaborado em 1997 por um consórcio de instituições, lideradas pelo *Australian Council for Educational Research*, no âmbito da OECD, *Organization for Economic Cooperation and Development*, visando ajudar os países membros a desenvolverem políticas nas áreas econômicas e sociais (BONAMINO; COSCARELLI; FRANCO, 2002) e apresenta o compromisso de monitorar o sistema educacional dos países membros da OECD, por meio de uma avaliação dos estudantes em uma estrutura internacional comum.

O PISA avalia estudantes de aproximadamente quinze anos de idade, por se tratar de jovens que estão próximos ao fim do ciclo obrigatório, estando supostamente preparados para enfrentar os desafios da atualidade. A avaliação ocorre a cada 3 anos, foi aplicada pela primeira vez no ano 2000, e a cada ano é analisada uma área principal em profundidade (ciências, leitura ou matemática), à qual são destinados dois terços da prova, e nas outras áreas é fornecido um perfil resumido das habilidades. Os testes incluem questões de múltipla escolha, discursivas e questões em que o estudante deve assinalar “sim” ou “não” para a afirmação ou negação das sentenças. As questões são organizadas em grupos ou temas, o que facilita a contextualização, a partir de fatos da vida real. Deste modo, a avaliação do PISA, segundo a OCDE (2007):

<sup>4</sup> A opção por analisar apenas as questões de Ciências que versam sobre algum conteúdo específico de Química se justifica pela formação dos autores, ambos licenciados em Química.

[...] adota uma abordagem abrangente para avaliar conhecimentos, habilidades e atitudes que refletem as modificações atuais dos currículos, passando das abordagens baseadas na escola para a aplicação do conhecimento em tarefas e desafios cotidianos. As habilidades adquiridas refletem a capacidade dos estudantes em continuar aprendendo ao longo da vida, aplicando o que aprenderam na escola em ambientes não escolares, avaliando suas opções e tomando decisões (OCDE, 2007, p. 7).

O PISA procura avaliar o que os estudantes conseguem fazer com aquilo que aprenderam, examinando sua capacidade de refletir e aplicar os conhecimentos adquiridos em questões cotidianas, a nível local e global, ou seja, procura aferir níveis de proficiência em leitura, em matemática e em ciências. De acordo com a Matriz de avaliação de Ciências do PISA, nossos jovens devem se tornar consumidores críticos diante da informação científica e frente a problemas sócio-econômico-ambientais, portanto o letramento científico é definido por três competências básicas:

Explicar fenômenos cientificamente: reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos; Avaliar e planejar experimentos científicos: descrever e avaliar investigações científicas e propor formas de abordar questões cientificamente; Interpretar dados e evidências científicas: analisar e avaliar os dados, afirmações e argumentos, tirando conclusões científicas apropriadas (OECD, 2013, p. 7).

As competências mencionadas vão além do conhecimento do conteúdo e dependem da compreensão de como o conhecimento científico é construído e do seu grau de confiança, ou seja, da natureza da ciência. Neste estudo, dada a importância da prova do PISA no contexto brasileiro, e por ser uma avaliação do quanto os estudantes estão letrados cientificamente, procuramos apresentar e discutir as PC contempladas em questões de ciências que abordam conteúdos químicos.

### 3.2 Procedimento metodológico

Considerando o objetivo pretendido, fez-se uso da abordagem qualitativa de natureza interpretativa (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Para a identificação e análise das PC nas questões do PISA utilizou-se da análise textual com ênfase nos procedimentos e critérios da Análise de Conteúdo, preconizadas por Bardin (2011). As Práticas Científicas, descritas no NRC (2012), foram utilizadas como categorias a priori.

As questões selecionadas para análise foram extraídas de dois cadernos de itens liberados no portal do INEP<sup>5</sup>. No primeiro caderno, há um total de 122 questões de Ciências, que corresponde aos anos de aplicação do PISA de 2000 a 2012, estas questões estão organizadas em 33 temas. Neste caderno identificamos 50 questões que abordavam conteúdos químicos. Esta classificação foi feita com base nos conteúdos abordados nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p. 113-115).

O segundo caderno, corresponde à avaliação aplicada no ano de 2015, com 33 questões, que versam sobre 8 temas distintos. Identificamos, neste segundo caderno, 9 questões relacionadas à conteúdos químicos. Portanto, foram analisadas, no total, 59 questões. Após selecionar as questões, estas foram codificadas de Q1 a Q59 e foi realizada a leitura dos enunciados, bem como das respostas esperadas descritas no caderno de itens, buscando evidenciar as Práticas Científicas descritas no Quadro 1.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentamos as oito Práticas Científicas identificadas em algumas questões do PISA. As questões versam sobre temas distintos relacionados a conteúdos científicos.

A PC1 – Formular questões – foi identificada em 5 das 59 questões analisadas. Apresentamos na Figura 1, o texto e a imagem fornecidos para as questões relacionadas ao tema Chuva ácida, bem como a questão (Q50), aplicada no PISA 2006, para discutir a PC1.

<sup>5</sup> Itens liberados do INEP, disponível em: <  
<http://portal.inep.gov.br/web/guest/provas-e-gabaritos1> >  
Acesso em: 10 set. 2017.

**Figura 1:** Texto e imagem fornecidos para as questões do tema Chuva Ácida e questão Q50.

### CHUVA ÁCIDA

Abaixo, temos uma foto das estátuas chamadas cariátides que foram construídas na Acrópole, em Atenas, há mais de 2 500 anos. As estátuas são feitas de mármore, um tipo de rocha composta de carbonato de cálcio.



Em 1980, as estátuas originais foram transferidas para dentro do museu da Acrópole e substituídas por réplicas. As estátuas originais estavam sendo corroídas pela chuva ácida.

A combustão do carvão e dos derivados de petróleo para produzir a energia necessária à população e às indústrias teve um efeito inesperado: o aumento das chuvas ácidas.

Os dois problemas relacionados abaixo são provocados pela chuva ácida. Para cada um, sugira uma questão à qual os cientistas deveriam responder para ajudar a resolver o problema. As duas questões devem ser diferentes.

Problema provocado pela chuva ácida	Uma questão à qual os cientistas deveriam responder, para solucionar o problema
Muitas construções de pedra e metal estão deteriorando-se.	
As pessoas querem um grande fornecimento de energia elétrica, mas sem a poluição ligada à chuva ácida.	

**Fonte:** INEP (2015, p.135 e 139).

O texto e a imagem retratam danos causados pela chuva ácida nas estátuas feitas de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). A questão descreve que a combustão do carvão e dos derivados do petróleo contribui para o aumento da formação da chuva ácida, e solicita que o estudante elabore duas questões científicas. Como resposta esperada o PISA estabelece:

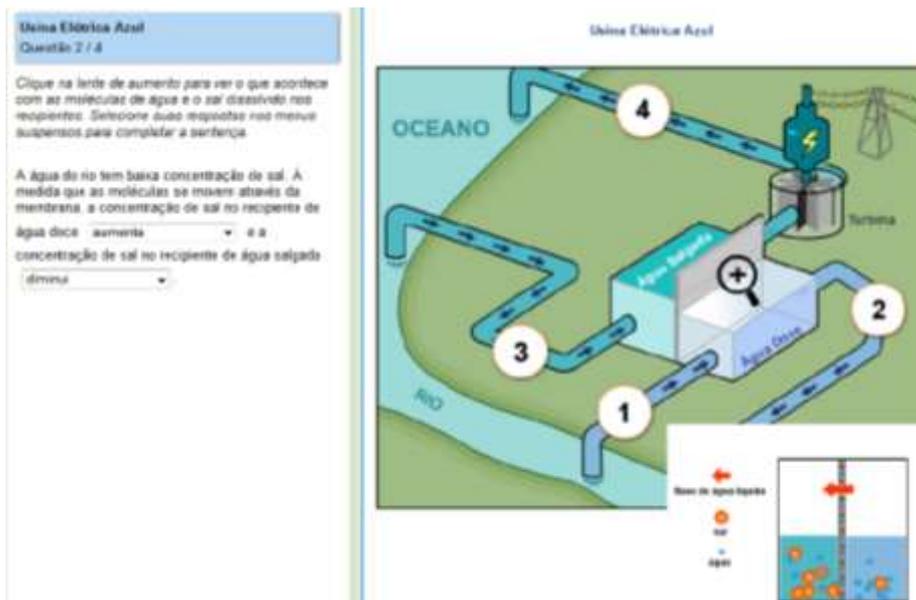
- Muitas construções de pedra e metal estão deteriorando-se.
- Quando se queima combustível, podem-se retirar as substâncias que causam a chuva ácida?
- É possível fabricar um revestimento para os materiais de construção que os proteja dos ácidos?
- As pessoas querem um grande fornecimento de energia elétrica, mas sem a poluição ligada à chuva ácida.
- É possível desenvolver métodos de produção de energia que não utilizem carvão ou gás?
- É possível filtrar as substâncias provenientes do carvão e do gás que causam a chuva ácida? (INEP, 2015, p.139).

Estas questões representam exemplos de respostas consideradas como esperadas. Identificamos nesta questão a PC1 – Formular questões – uma vez que é solicitado ao estudante elaborar uma questão para cada um dos problemas provocados pela chuva ácida, à qual os cientistas devem responder. Esta PC

é considerada pelo NRC (2012) como imprescindível ao letramento científico, pois, para que se formem estudantes críticos é necessário que estes sejam questionadores de sua realidade, tanto por curiosidade, como para explicar algum fenômeno, ou mesmo para proporcionar uma melhor solução a um problema. De acordo com a Matriz de Ciências do PISA, o desenvolvimento do letramento científico “é dependente da capacidade de discriminar questões científicas de outras formas de investigação, ou reconhecer questões que poderiam ser investigadas cientificamente em um dado contexto” (OECD, 2013, p. 15). Dessa forma, destacamos que a PC1 possibilita o primeiro contato do cientista, ou do estudante, com o fenômeno em estudo, na elaboração de questões e hipóteses que ajudem a compreendê-lo. Para isso, o conhecimento de teorias da ciência faz-se necessário, ajudando-o na tomada de decisão, na avaliação se uma questão é ou não passível de ser investigada.

A PC2 – Desenvolver e usar modelos – foi identificada em 4 questões. Para a compreensão dessa prática, trazemos a questão Q57, apresentada na Figura 2, que aborda o tema Usina elétrica azul, aplicada no PISA 2015.

**Figura 2:** Questão Q57 do tema Usina elétrica azul



Fonte: INEP (2016, p.23).

Nesta questão é solicitado que o estudante selecione, dentre as opções disponíveis (aumenta/diminui) a palavra que completa corretamente a sentença. Diz respeito às concentrações de sal na água do rio e no oceano após passarem pelas membranas. Como resposta esperada o PISA estabelece:

Os estudantes são convidados a usar a animação para determinar o efeito do movimento da água através da membrana sobre a concentração de sal no recipiente de água doce e no de água salgada. A resposta correta é:

- à medida que as moléculas se movem através da membrana, a concentração de sal no recipiente de água doce aumenta e a concentração de sal no recipiente de água salgada diminui. (INEP, 2016, p.23).

Identificamos nesta questão a PC2 – Desenvolver e usar modelos – pois, faz-se necessário o conhecimento de conceitos referentes à osmose. Para auxiliar o estudante na compreensão deste fenômeno há, na figura, um esquema geral da usina, e uma animação que mostra visualmente, em termos de moléculas de água e íons de soluto, como ocorre o fluxo de água neste processo. Identificamos também a PC4 – Analisar e interpretar dados - uma vez que é preciso analisar o modelo e as informações apresentadas,

articuladas aos conceitos exigidos, a fim de selecionar a resposta correta.

De acordo com o NRC (2012), a PC2 possibilita que se exteriorize aquilo que se pensa sobre uma situação ou um conceito, representa o entendimento de um sistema em estudo, auxilia no desenvolvimento de perguntas e explicações, e comunica ideias aos outros, assim como fazem os cientistas. Os modelos contribuem para melhorar o entendimento da investigação e das teorias relacionadas ao fenômeno em estudo. Segundo Márquez; Izquierdo; Espinet (2003 *apud* SASSERON, 2008), os modelos são uma forma de comunicação que contribuem para destacar aspectos da realidade, assim é necessário “permitir que os alunos falem, escrevam, desenhem, interajam com objetos e materiais, com o objetivo de que, assim, os alunos cheguem a tecer melhores representações do mundo” (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003 *apud* SASSERON, 2008, p. 50).

A PC3 – Planejar e realizar investigações – foi identificada em 15 questões. Selecionamos para discussão a questão Q49, do tema Chuva Ácida, apresentada na Figura 3.

**Figura 3:** Questão Q49 do tema Chuva ácida

É possível simular o efeito da chuva ácida no mármore colocando-se lascas de mármore no vinagre durante uma noite. O vinagre e a chuva ácida têm quase o mesmo nível de acidez. Quando uma lasca de mármore é colocada no vinagre, formam-se bolhas de gás. Pode-se determinar a massa da lasca de mármore seca, antes e depois da experiência.

Os alunos que fizeram essa experiência também colocaram lascas de mármore na água pura destilada, durante uma noite. Nenhuma alteração foi observada.

Explique por que os alunos incluíram essa etapa na experiência.

Fonte: INEP (2015, p.138).

Nesta questão é solicitado que o estudante explique o motivo de incluir mais uma etapa no experimento, que

consistiu em deixar as lascas de mármore, por uma noite, em água. Como resposta esperada o PISA estabelece:

Para comparar com o teste do ácido e do mármore e mostrar que o ácido (vinagre) é necessário para produzir a reação.

– Para certificar-se de que, para provocar essa reação, a água deve ser ácida como a chuva ácida (INEP, 2015, p.138).

Identificamos a PC3 – Planejar e realizar investigações - uma vez que para o estudante conseguir explicar a inserção de uma nova etapa no experimento, que serve para comparar o teste do ácido e do mármore, o estudante deve compreender que a solução à qual as lascas serão imersas deve apresentar características ácidas. De acordo com o NRC (2012), esta prática exige a capacidade de projetar investigações experimentais ou observacionais que são apropriadas para responder à questão que se coloca ou testar hipóteses já formuladas. Com relação à importância da investigação científica, Gil Perez et al. (2001, p. 140)

relaciona-a como a formulação de estratégias, que contribui na resolução da questão de pesquisa, como as práticas experimentais, nas montagens e medidas. Ou seja, a investigação científica permite ao estudante trabalhar com as variáveis envolvidas, na tomada de decisões, na seleção de instrumentos adequados, a fim de ajudar a resolver o problema em questão.

A PC4 – Analisar e interpretar dados – foi uma das práticas mais identificadas; 21 questões possibilitaram este tipo de prática. Para exemplificá-la, selecionamos a questão Q37 que aborda o tema Efeito Estufa, aplicada no PISA 2006, apresentada na Figura 4. Apresentamos conjuntamente o texto e os gráficos que servem como suporte para a resolução das questões que abordam esse tema.

**Figura 4:** Texto e diagramas fornecidos para as questões do tema Efeito Estufa e questão (Q37).

## EFEITO ESTUFA

Leia os textos e responda às questões que seguem.

### O EFEITO ESTUFA: FATO OU FICÇÃO?

Os seres vivos necessitam de energia para sobreviver. A energia que mantém a vida sobre a Terra vem do Sol, que irradia energia para o espaço, por ser muito quente. Uma proporção minúscula dessa energia alcança a Terra.

A atmosfera terrestre funciona como uma camada protetora sobre a superfície de nosso planeta, impedindo as variações de temperatura que existiriam em um mundo sem ar.

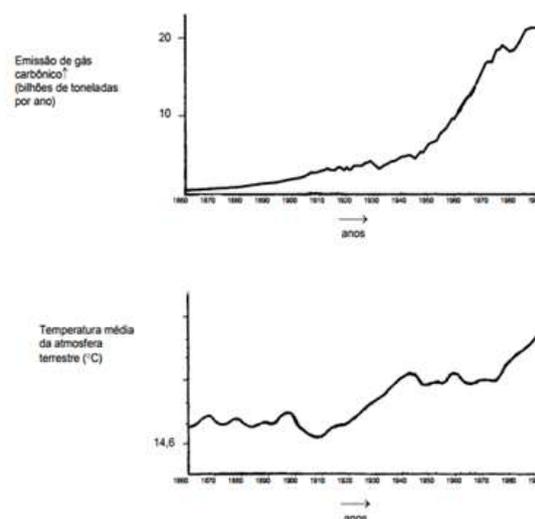
A maior parte da energia irradiada pelo Sol passa pela atmosfera terrestre. A Terra absorve parte dessa energia e a outra parte é refletida pela superfície terrestre. Parte dessa energia refletida é absorvida pela atmosfera.

Como resultado disso, a temperatura média acima da superfície da Terra é mais alta do que seria se não existisse atmosfera. A atmosfera terrestre funciona como uma estufa, daí o termo *efeito estufa*.

O efeito estufa teria ficado mais evidente durante o Século XX.

É um fato que a temperatura média da atmosfera terrestre tem aumentado. Em jornais e revistas, o aumento da emissão do gás carbônico é frequentemente apontado como o principal responsável pela elevação de temperatura no Século XX.

Um estudante, chamado André, interessou-se pela possível relação entre a temperatura média da atmosfera terrestre e a emissão de gás carbônico na Terra. Em uma biblioteca ele encontrou os dois gráficos abaixo:



André conclui, a partir desses dois gráficos, que é evidente que o aumento da temperatura média da atmosfera terrestre é devido ao aumento da emissão do gás carbônico.

**Fonte:** INEP (2015, p.110-112).

O texto apresenta informações a respeito da temperatura da atmosfera terrestre e sua relação com a quantidade de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) emitido. Há ainda dois gráficos, o primeiro relaciona a emissão de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e o segundo, a temperatura média da atmosfera terrestre ao longo dos anos. A seguir, temos a questão Q37.

Na questão é solicitado ao estudante buscar evidências nos gráficos que justifiquem a conclusão de André, ou seja, de que o aumento da temperatura média da atmosfera terrestre é devido ao aumento da emissão de gás carbônico. Como resposta esperada o PISA estabelece:

Refere-se ao aumento – geral – tanto da temperatura – média – quanto da emissão de gás carbônico: como as emissões aumentaram, a temperatura também aumentou; ambos os gráficos são crescentes; por que em 1910 as duas curvas começaram a crescer; a temperatura aumenta quando há emissões de  $\text{CO}_2$ ; as curvas do gráfico sobem ao mesmo tempo; tudo aumenta; quanto maior a emissão de  $\text{CO}_2$ , mais a temperatura aumenta (INEP, 2015, p.112).

A PC4 – Analisar e interpretar dados - foi identificada nesta questão, uma vez que o estudante necessita, a partir da compreensão dos dados contidos no texto e nos gráficos, reconhecer as variáveis dependentes, ou seja, identificar a relação direta entre a temperatura terrestre e a quantidade de dióxido de carbono emitido, transformando os dados em informações, que justificam sua conclusão.

Esta PC é relevante, pois não adianta disponibilizar dados sem que haja interpretação e análise, a fim de que revele padrões e relações que permitam sua comunicação aos outros. Os dados podem ser organizados por meio de tabelações, gráficos e análises estatísticas, a fim de encontrar relevância e podem ser usados como evidências na construção de argumentação, aspecto essencial ao letramento científico (NRC, 2012). Gil Perez *et al.* (2001), afirmam que a interpretação condiz com a análise atenta dos resultados, que ocorre à luz dos conhecimentos disponíveis e das hipóteses realizadas. Podemos concluir também que esta prática é necessária ao letramento

científico, como forma de fazer uma leitura e interpretação consciente do mundo.

A PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional – foi identificada em 9 questões.

**Figura 5:** Texto e esquema fornecidos para questões do tema Mudança Climática e a questão (Q1)

### MUDANÇA CLIMÁTICA TEXTO 1

Leia o texto abaixo e responda às questões que se seguem.

#### QUAIS SÃO AS ATIVIDADES HUMANAS QUE CONTRIBUEM PARA A MUDANÇA CLIMÁTICA?

A queima de carvão, óleo e gás natural, assim como o desflorestamento e várias atividades agrícolas e industriais estão alterando a composição da atmosfera e contribuindo para a mudança climática. Estas atividades humanas têm levado a um aumento na concentração de partículas e gases na atmosfera (efeito estufa). A importância relativa dos principais fatores que contribuem para a mudança de temperatura é mostrado na figura 1. O aumento nas concentrações de dióxido de carbono e metano têm um efeito aquecedor. Um aumento nas concentrações de partículas tem um efeito resfriador que age de duas maneiras, chamados no esquema de "partículas" e "efeito das partículas sobre as nuvens".



Figure 1: Importância relativa dos principais fatores responsáveis pela mudança de temperatura na atmosfera.

As barras estendendo-se para a direita da linha central indicam um efeito de aquecimento. As da esquerda da linha central indicam um efeito de resfriamento. O efeito relativo das "partículas" e "efeito das partículas nas nuvens" são um tanto incerto: em cada caso o efeito está em algum lugar no intervalo mostrado pela barra cinza clara.

Use a informação da Figura 1 para desenvolver um argumento a favor da redução de dióxido de carbono emitido quando das atividades humanas mencionadas.

**Fonte:** INEP (2015, p. 20-21).

O texto aborda as atividades humanas que contribuem para a mudança climática, além disso, há um gráfico a respeito da importância relativa dos principais fatores responsáveis pela mudança de temperatura na atmosfera.

A questão solicita a construção de uma argumentação a favor de que a atividade humana não contribui para as mudanças climáticas. Como resposta esperada o PISA estabelece:

O dióxido de carbono é a causa principal do aumento da temperatura atmosférica, causando mudança climática, portanto, a redução da quantidade emitida deste gás, terá como seu maior efeito a redução do impacto das atividades humanas (INEP, 2015, p.21).

Identificamos a PC5 – Fazer uso de pensamento matemático e computacional – uma vez que para conseguir desenvolver uma argumentação a fim de evidenciar se a atividade humana é ou não um problema, o estudante deve observar as relações de proporção entre as variáveis/substâncias apresentadas na figura. Neste caso, o aumento da temperatura provocado pelos gases dióxido de carbono e metano pode ser compensado pelo resfriamento provocado pelas partículas na atmosfera. Identificamos também a PC4 – Analisar e interpretar dados, pois para a interpretação, a fim de chegar a alguma conclusão a respeito da resolução da questão, foi utilizado o raciocínio

matemático, com a finalidade de compreender os dados tabulados que foram apresentados. Por fim, foi contemplada também a PC7 – Argumentar a partir de evidências – uma vez que é solicitada uma argumentação que deve estar baseada nos dados fornecidos pela questão. A PC5 está relacionada à utilização do pensamento e recurso matemático a fim de explorar os dados e as relações existentes, comum em muitas ações dos cientistas. De acordo com o NRC (2012), esta prática consiste no uso de ferramentas e linguagem adequadas para a representação de variáveis, importantes na investigação científica, na identificação e comunicação precisa de ideias. Neste sentido, Sasseron (2008) diz que o pensamento pode ser estruturado por meio do raciocínio lógico e pelo raciocínio proporcional, “além de se referir também à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas” (SASSERON, 2008, p. 67-68). Desta forma, os dados podem ser melhor explorados, chegando à elaboração de conclusões a respeito dos fenômenos, importantes para a compreensão científica.

Selecionamos para discussão da PC6 – Construir explicações – a questão Q46, apresentada na Figura 6, que aborda o tema Chuva ácida.

**Figura 6:** Questão de número 2 do tema Chuva ácida

A chuva normal é ligeiramente ácida, porque contém dissolvido um pouco de dióxido de carbono do ar. A chuva ácida é muito mais ácida do que a chuva normal, porque absorve gases como óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio.

De onde provêm esses óxidos de enxofre e de nitrogênio encontrados no ar?

**Fonte:** INEP (2015, p.135).

Nesta questão há uma definição de chuva ácida bem como os gases que a formam. Solicita-se que o estudante explique a origem dos óxidos de enxofre e de nitrogênio encontrados no ar. Como resposta esperada o PISA estabelece:

O aluno menciona qualquer uma das seguintes fontes: gases de escapamento de carros, as emissões de gases das fábricas, a queima de combustíveis fósseis, tais como petróleo e carvão, os gases provenientes de vulcões ou outras fontes semelhantes.

A queima de carvão e gasolina; os óxidos do ar provenientes da poluição das fábricas e da indústria (INEP, 2015, p.136).

Identificamos a PC6 – Construir explicações – uma vez que o estudante deve mencionar, como resposta correta, a origem dos óxidos de enxofre e nitrogênio, em suas variadas fontes, como na queima de carvão e gasolina, poluição das fábricas, e provenientes de vulcões. Para isto, não basta a leitura do enunciado da questão, mas o conhecimento de teorias e conhecimentos específicos, por parte do estudante.

De acordo com o NRC (2012), as explicações científicas são relatos que relacionam uma certa teoria científica, com específicas observações do fenômeno em estudo. Assim, é importante envolver os alunos em explicações científicas a respeito do mundo que os cerca, ajudando-os a obter um

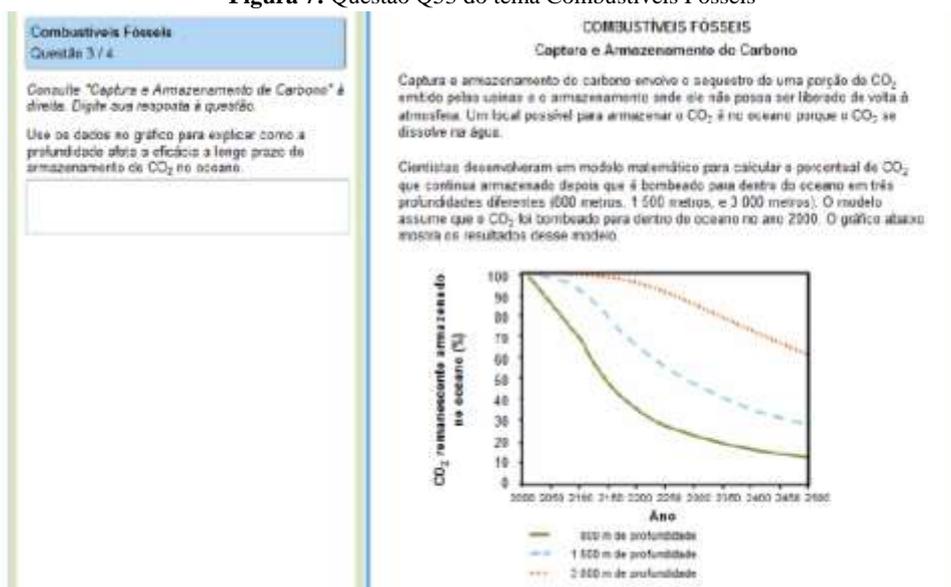
entendimento das principais ideias que a ciência tem desenvolvido. É essencial pedir aos alunos que demonstrem seu próprio entendimento sobre as implicações de uma ideia científica, por meio do desenvolvimento de suas próprias explicações de fenômenos, sejam estas baseadas em observações ou em modelos que eles tenham desenvolvido. Podemos relacionar a esta prática as contribuições de Sasseron (2008), que menciona a explicação de fenômenos como um dos indicadores do letramento científico.

A explicação surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente a explicação é acompanhada de uma justificativa e de uma previsão, mas é possível encontrar explicações que não recebem estas garantias (SASSERON, 2008, p. 68).

Desta forma, diante de muitas situações cotidianas, a busca de respostas a perguntas, como: Por que isso ocorre? Como isso acontece? Estimula a procura por explicações para diversos problemas ou perguntas. Podemos relacionar este movimento de busca ao letramento científico, em que o estudante se apropria desta PC como uma prática social, como um meio de compreender o mundo e até mesmo de poder modificá-lo, de acordo com o seu contexto.

Para a discussão da PC7 – Argumentar a partir de evidências – temos a questão Q53, apresentada na Figura 7, do tema Combustíveis Fósseis, aplicada no PISA 2015.

Figura 7: Questão Q53 do tema Combustíveis Fósseis



Fonte: INEP (2016, p.13)

A questão contém como suporte um texto que aborda a respeito do armazenamento de CO<sub>2</sub> em oceanos, devido à sua característica de dissolução em água, e um gráfico, que relaciona diferentes porcentagens de CO<sub>2</sub> em associação às profundidades do oceano. Solicita-se que o estudante construa uma argumentação a respeito do efeito da profundidade do oceano na captura e armazenamento do dióxido de carbono. Como resposta esperada o PISA estabelece:

Os estudantes devem interpretar os dados apresentados no gráfico e fornecer uma explicação que resuma os resultados encontrados, ou seja, de que o dióxido de carbono armazenado mais profundamente no oceano propicia

melhor taxa de retenção do que o armazenamento em profundidades menores. (INEP, 2016, p.13).

Embora o exemplo de resposta apresentado pelo PISA enfoque mais a interpretação do gráfico do que uma explicação do por que o CO<sub>2</sub> é mais ou menos solúvel dependendo da profundidade, ainda assim identificamos a PC7 – Argumentar a partir de evidências – pois é preciso construir uma argumentação baseada nos resultados disponibilizados no gráfico. A evidência reforça a argumentação e contribui na elaboração do raciocínio, ajudando na identificação de pontos fortes e fracos de uma linha de pensamento. Identificamos também a PC4 – Analisar e interpretar dados - pois as conclusões foram obtidas por meio do gráfico, e também a PC5 – Uso do

pensamento matemático e computacional – uma vez que a argumentação é construída mediante a compreensão da relação de proporção existente na porcentagem de dióxido de carbono nas diversas profundidades.

A PC7 consiste na defesa de explicações de questões e/ou fenômenos, a partir de evidências, que contribuem para o apoio das afirmações que devem ser debatidas e/ou comunicadas, ajudando também a examinar o próprio entendimento do cientista, à luz das evidências e dos comentários oferecidos por outros, na busca da melhor explicação para o fenômeno que está sendo investigado (NRC, 2012). A respeito da argumentação, Sasseron (2008) utiliza o termo justificativa para relacionar a validade que as evidências dão à argumentação: “A

justificativa aparece quando, em uma afirmação qualquer proferida, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto. Isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando mais segura” (SASSERON, 2008, p. 68). Desta forma, as evidências dão maior respaldo às afirmações gerando maior segurança na qualidade das respostas acerca dos fenômenos investigados.

A PC8 – Obter, avaliar e comunicar a informação – foi identificada em apenas uma questão. Trazemos para discussão a Q4, apresentada na Figura 9, do tema Ozônio, aplicada no PISA 2000. O suporte que auxilia na resolução da questão consiste de um texto e um diagrama, apresentados na Figura 8.

**Figura 8:** Texto e diagrama fornecidos para as questões do tema é Ozônio

**OZÔNIO - TEXTO**

Leia a seguinte seção de um artigo a respeito da camada de ozônio.

A atmosfera é um imenso reservatório de ar e um recurso natural precioso para a manutenção da vida na Terra. Infelizmente, as atividades humanas baseadas nos interesses nacionais / pessoais estão danificando esse recurso comum, principalmente destruindo a frágil camada de ozônio que funciona como um escudo protetor para a vida na Terra.

05 Uma molécula de ozônio é composta por 3 átomos de oxigênio, em contraposição às moléculas de oxigênio, que são compostas por dois átomos de oxigênio. As moléculas de ozônio são raríssimas; menos que 10 em cada

10 um milhão de moléculas de ar. Entretanto, já há quase um bilhão de anos, sua presença na atmosfera desempenha um papel vital na proteção de vida na Terra. Dependendo de onde está localizado, o ozônio pode proteger ou prejudicar a vida na Terra. O ozônio que se encontra na troposfera (até 10 km acima da superfície da Terra) é ozônio "ruim" que pode danificar plantas e tecidos pulmonares. Mas cerca de 90 por cento do ozônio que se encontra na

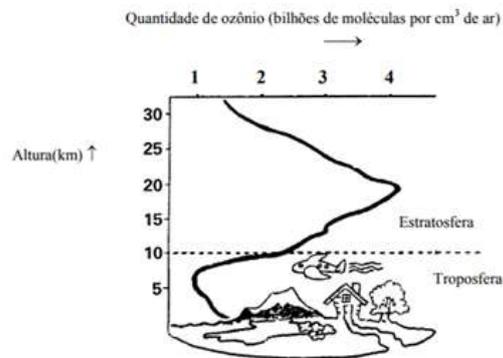
15 estratosfera (entre 10 e 40 km acima da superfície da Terra) é ozônio "bom" que desempenha um papel benéfico, absorvendo a perigosa radiação ultravioleta emitido pelo Sol. Sem essa camada de ozônio benéfica, os humanos seriam mais

20 suscetíveis a certas doenças devido à incidência de raios ultravioleta vindos do Sol. A destruição da camada de ozônio poderia também quebrar a cadeia alimentar marinha devido ao efeito nocivo do raios ultravioleta-B sobre o plâncton.

Fonte: Connect, UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter, Seção de um artigo intitulado 'The Chemistry of Atmospheric Policy' (A Química da Política Atmosférica), Vol. XXII, No. 2, 1997 (ortografia adaptada)

**OZÔNIO – DIAGRAMA**

Examine a linha espessa no seguinte diagrama que mostra a distribuição das



moléculas de ozônio na atmosfera.

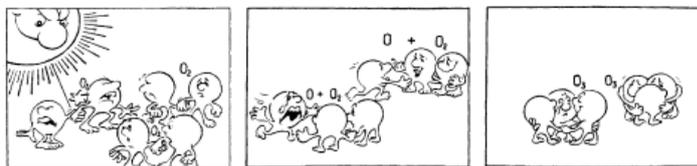
Fonte: INEP (2015, p.30-31).

O texto, extraído de um artigo, descreve como são constituídas as moléculas de ozônio e de oxigênio, como ocorre sua formação e sua importância na atmosfera para a vida terrestre. Há também um diagrama que mostra a

distribuição das moléculas de ozônio na atmosfera em função da altitude. A questão Q4, apresentada na Figura 9, contribui para a discussão e compreensão desta prática.

**Figura 9:** Questão Q4 do tema Ozônio

No texto acima nada é mencionado com relação ao modo como o ozônio é formado na atmosfera. Na verdade, todos os dias certa quantidade de ozônio é formada e certa quantidade de ozônio desaparece. O modo como o ozônio é formado está ilustrado nos quadrinhos abaixo:



Suponha que você tenha um tio que tente entender o significado desta tira. Ele, entretanto, nunca estudou ciências na escola e não entende o que o autor do desenho está explicando. Ele sabe que não há companheiros pequeninos na atmosfera, mas pergunta o que esses companheirinhos do desenho representam, o que essas estranhas notações O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> representam e quais processos o desenho representa. Seu tio pede para que você lhe explique os quadrinhos.

Escreva uma explicação dos quadrinhos para seu tio.

Fonte: INEP (2015, p.32).

Nesta questão há um texto complementar sobre a formação de ozônio na atmosfera, há também alguns quadrinhos ilustrativos que buscam demonstrar o modo como o ozônio é formado. Solicita-se ao estudante que explique os

processos químicos representados nos quadrinhos, contudo, a explicação deve ser dada para alguém que supostamente é leigo no assunto, ou seja, não estudou ciências na escola. Como resposta esperada o PISA estabelece:

Cita uma resposta em que os três aspectos seguintes são mencionados: algumas moléculas de oxigênio - cada uma composta por dois átomos de oxigênio - são quebradas em átomos de oxigênio - Figura 1 -; a quebra - das moléculas de oxigênio - acontece sob a influência da luz do sol - Figura 1 -; os átomos de oxigênio se combinam com outras moléculas de oxigênio para formar moléculas de ozônio - Figuras 2 e 3 -. (INEP, 2015, p.32).

Identificamos a PC8 – Obter, avaliar e comunicar a informação - visto que o estudante deve formular uma resposta visando explicar o fenômeno químico envolvido para outra pessoa, ou seja, uma explicação que seria comunicada a uma pessoa que desconhece o assunto (seu tio) havendo, portanto, a necessidade de adaptar a linguagem. Foram também identificadas a PC4 – Analisar e interpretar dados - uma vez que é necessário interpretar as representações expressas nos quadrinhos; a PC6 – Construir explicações - já que o estudante deve estruturar uma explicação das situações representadas nas ilustrações, e explicar como o ozônio é formado na atmosfera, descrevendo cada etapa deste processo.

A PC8 envolve a argumentação científica. Comunicar por escrito, ou por meio da fala, é outra prática fundamental na ciência, para descrever observações precisamente, clarificar o pensamento, e justificar argumentos (NRC, 2012). Lemke (1997 apud Sasseron, 2008) afirma que tanto para o ato de falar, quanto para o ato de escrever não basta a compreensão de seus significados técnicos, mas que percebam a variação de seus significados a determinados contextos. A autora conclui: “Lemke assume a fala como a apresentação do domínio do conteúdo científico, uma vez que é ela que dá vazão ao raciocínio e, conseqüentemente, ao modo como as informações foram estruturadas para gerar conhecimento” (LEMKE, 1997 apud SASSERON, 2008 p. 43). Assim, ao falar/argumentar a respeito de um fenômeno, é necessário construir uma organização mental, gerando conhecimento. Também a respeito disso Gil Perez et al. (2001) aponta a relevância da comunicação do trabalho realizado ou investigação, e que, a partir de grupos/comunidades é possível a confirmação ou refutação das hipóteses aceitas.

Apresentamos no Quadro 2, as Práticas Científicas identificadas, as questões e os temas correspondentes.

**Quadro 2:** Práticas Científicas, questões analisadas e temas das questões do PISA.

Práticas Científicas	Questões e temas correspondentes	Total
PC1	Q12 (milho); Q23 e Q24 (Cáries dentárias); Q43(Protetor solar); Q50 (Chuva ácida);	5
PC2	Q34 (Conversor Catalítico); Q51(Combustíveis Fósseis); Q56 e Q57 (Usina elétrica azul)	4
PC3	Q3 (Moscas); Q15 (Milho); Q19 (Água potável); Q25 e Q26 (Brilho labial); Q29 e Q30 (Massa de pão); Q32 e Q33 (Um risco para a saúde?); Q42, Q43, Q44 e Q45 (Protetor solar); Q47 e Q49 (Chuva ácida)	15
PC4	Q1 e Q2 (Mudança climática); Q4, Q5 e Q6 (Ozônio); Q9, Q10, Q14 e Q15 (Milho); Q20 e Q21 (Cáries dentárias); Q33 (Um risco para a saúde?); Q34 (Conversor catalítico); Q37 e Q38 (Efeito Estufa); Q45 (Protetor solar); Q53 (Combustíveis fósseis); Q54 e Q55 (Erupções vulcânicas); Q56 e Q57 (Usina elétrica azul)	21
PC5	Q1 e Q2 (Mudança climática); Q7 (Ozônio); Q11 (Milho); Q21 (Cáries dentárias); Q25 (Brilho labial); Q33 (Um risco para a saúde?); Q47 (Chuva ácida); Q52 (Combustíveis fósseis)	9
PC6	Q4, Q6 e Q8 (Ozônio); Q13 (Milho); Q16, Q17 e Q18 (Água potável); Q22 (Cáries dentárias); Q27 (Brilho labial); Q28 e Q31 (Massa de pão); Q35 (Conversor catalítico); Q39 (Efeito estufa); Q40 e Q41 (O <i>Grand Canyon</i> ); Q46 e Q48 (Chuva ácida); Q51 (Combustíveis fósseis); Q54 (Erupções vulcânicas); Q58 e Q59 (usina elétrica azul)	21
PC7	Q1 e Q2 (Mudança climática); Q32 (Um risco para a saúde?); Q36 (Conversor catalítico); Q38 (Efeito estufa); Q52 e Q53 (Combustíveis fósseis)	7
PC8	Q4 (Ozônio)	1

**Fonte:** o próprio autor

Com base nos dados apresentados no Quadro 2 observa-se que as PC mais identificadas nas questões analisadas foram a PC4 - Analisar e interpretar dados e a PC6 - Construir explicações, presentes em cerca de 35% das questões, cada uma delas. Ambas tratam de aspectos centrais citados nas competências das provas do PISA, tais como explicar fenômenos cientificamente e interpretar dados e evidências cientificamente, competências 1 e 3, mencionadas na Matriz de Avaliação de Ciências (OECD, 2013). As questões que contemplam estas práticas solicitam que os estudantes construam explicações dos fenômenos, a partir de dados expressos em gráficos, imagens e evidências empíricas, necessitando que se estabeleça um raciocínio

científico coerente para respondê-las, demonstrando também domínio do conhecimento científico adequado.

Como mencionado anteriormente, estas PC ajudam os estudantes a realizarem ações que são comuns aos cientistas, ajudando-os em seu letramento científico. Para tal, espera-se que, a partir da PC4, os estudantes sejam capazes de analisar dados sistematicamente, verificando conflitos, na procura de padrões que confirmem ou não as hipóteses formuladas; saibam utilizar adequadamente planilhas, tabelas, gráficos e modelos, a fim de explorar relações existentes, gerando e avaliando conclusões a partir de um raciocínio matemático adequado. Por meio da PC6, os estudantes são capazes de construir suas próprias

conclusões, oferecendo explicações causais, a partir do uso adequado de leis, teorias e evidências primárias disponíveis que podem auxiliar na explicação. Por fim, adquire atribuições necessárias para identificar fragilidades em suas explicações e nas de outros (NRC, 2012).

As PC menos identificadas foram PC8 - Obter, avaliar e comunicar a informação, a PC2 - Desenvolver e usar modelos e a PC1 - Formular questões, presentes em 2%, 7% e 8%, respectivamente. Embora estas práticas sejam importantes no desenvolvimento do letramento científico, estiveram pouco presentes nas questões analisadas.

Quanto à PC8, atribuímos a pouca incidência nas questões, ao fato de que esta prática compreende a adequação da linguagem para a comunicação de ideias e o engajamento na leitura crítica de textos científicos. Para isso, ressaltamos a necessidade de discussão em pares e por se tratar de uma avaliação individual, não há espaço para interação com outras pessoas. Defendemos a ideia de que é possível explorar melhor esta prática em atividades de sala de aula, em que o estudante tem condições de expor suas ideias, orais ou não, e abrir espaço para discussões. Por meio da PC8 espera-se que os estudantes sejam capazes de usar tabela, gráficos e outras ferramentas para seu entendimento e na exposição aos outros sobre o sistema em estudo, compreendendo adequadamente as comunicações da comunidade científica, contribuindo assim para seu engajamento, e que consiga, enfim, discutir validade de dados, hipóteses e conclusões científicas.

A PC2 foi pouco identificada nas questões analisadas uma vez que não é muito comum a elaboração de modelos para representar ou explicar fenômenos, nestes tipos de avaliações. Embora, as competências exigidas no PISA mencionem a explicação dos fenômenos, estas não especificam a utilização de diagramas e/ou esquemas para isso. Nesse sentido, os modelos identificados estiveram presentes, em sua maioria, em questões da prova de 2015, que foram aplicadas no formato digital, o que acaba por facilitar esse tipo de prática. Por meio da PC2 os estudantes deverão ser capazes de construir/elaborar desenhos, diagramas ou esquemas como forma de compreender, de explicar, ou mesmo de prever a respeito de um fenômeno, principalmente aos de escala microscópica.

A PC1 refere-se à elaboração e avaliação de questões acerca dos fenômenos naturais e/ou construídos. Vale ressaltar que, diante do letramento científico, esta PC é essencial, haja vista ser preciso gerar questões diante de um dado problema para que posteriormente possa ser elaborada uma sistemática investigativa. Por meio da PC1, os estudantes deverão ser capazes de indagar a respeito do mundo natural e construído, em perguntas: Como? Por quê? E de avaliar se uma questão pode ou não ser investigada, refinando perguntas a fim de serem respondidas em determinados campos, como em sala de aula, por exemplo.

A PC3 - Planejar e realizar investigações - esteve presente em 25% das questões investigadas. Essa porcentagem pode estar associada ao fato de corresponder à competência número 2, exigida no PISA: "Avaliar e planejar experimentos científicos, descrever e avaliar investigações científicas e propor formas de abordar questões cientificamente" (OECD, 2013, p. 7). Ou seja, esta PC é essencial para a compreensão das Ciências e para que os estudantes sejam letrados cientificamente, pois apresenta condições para que, diante de uma questão ou problema,

saibam percebê-la, se é científica, e assim conduzir a investigação necessária. Por meio da PC3 os estudantes reúnem condições para formular adequadamente questões e hipóteses que possam ser investigadas, e assim decidir quais ferramentas e tipos de dados serão necessários para se chegar a conclusões confiáveis. Assim, tornam-se capacitados a planejar procedimentos experimentais, considerando possíveis confusões de variáveis em sua linha de investigação, porém, assegurando sua capacidade de controle do processo.

No que diz respeito às práticas PC5 e a PC7, estas foram identificadas em 9 e 7 questões, respectivamente. A PC5 refere-se ao uso do raciocínio matemático na compreensão e resolução dos problemas. Acreditamos não ser uma incidência baixa, evidenciando ser também importante ao letramento científico, sendo utilizado na compreensão de inúmeros fenômenos. Esteve presente, quando associada a PC3 ajudando na sistemática de investigação; a PC4, na compreensão de relações nos gráficos; e a PC7 contribuindo na elaboração de argumentação baseada em evidências. Por meio da PC5, os estudantes deverão ser capazes de reconhecer quantidades dimensionais adequadas, quando aplicadas a gráficos, tabelas e fórmulas, e de expor sua ideia por meio desta linguagem. Assim, reúne condições necessárias para perceber o raciocínio matemático envolvido em simulações, previsões e programas, e também para conseguir utilizá-los nas análises de dados da investigação.

A PC7 refere-se ao uso de evidências para a elaboração de uma argumentação consistente, para examinar seu próprio entendimento e a dos outros a respeito de um dado sistema que foi investigado. Foi identificada em 12% das questões. A PC7 reforça a ideia de que, para a argumentação em Ciências ser sólida, esta deve estar pautada em provas que dão sustentação ao que está sendo explicado. Por meio desta prática, os alunos deverão ter condições de construir argumentos científicos, apoiados em dados, e de identificar possíveis lacunas em sua argumentação e na de outros, a partir de raciocínio e evidências. Desta forma, o estudante apresenta condições de explicar a natureza de controvérsias científicas, debater teorias que foram ou não bem sucedidas, e ler e compreender afirmações da comunidade científica, avaliando pontos fortes e fracos.

## CONCLUSÃO

Diante do objetivo pretendido neste artigo - identificar as Práticas Científicas (PC) contempladas em questões de ciências do PISA que abordam conteúdos químicos - e de posse das análises realizadas ressaltamos que a nossa preocupação central não esteve em quantificar as práticas mais ou menos identificadas nas questões, mas em evidenciar essas práticas como necessárias na compreensão de fenômenos e na resolução de problemas contribuindo para o desenvolvimento do letramento científico.

As PCs mais encontradas, nas questões analisadas, foram a PC6 - Construir explicações (21 questões), a PC4 - Analisar e interpretar dados (21 questões) e a PC3 - Planejar e realizar investigações (15 questões). Estes resultados estão em concordância com as competências exigidas pelo PISA e com o que é ressaltado pelo NRC (2012), uma vez que enfatizam o envolvimento nas investigações científicas, essa relação com a ciência por

meio das Práticas Científicas aproxima-se da compreensão que se tem de letramento científico.

Embora identificadas em poucas questões às demais práticas também foram observadas: A PC5 – Fazer uso do pensamento matemático e computacional (9 questões); PC7 – Argumentar a partir de evidências (7 questões), PC1 – Formular questões (5 questões); PC2 – Desenvolver e usar modelos (4 questões) e a PC8 – Obter, avaliar e comunicar a informação (1 questão).

Ainda que as Práticas Científicas descritas no NRC (2012) sejam mais abrangentes do que a forma como são exigidas nas questões do PISA, com esta análise foi possível caracterizá-las em um contexto científico.

Assim, mediante a compreensão das Práticas Científicas, identificadas nas questões do PISA, podemos assumi-las como possíveis pontos de referência para conduzir a ação do professor de ciências e a reordenação da dinâmica das atividades em sala de aula. Nessa perspectiva ressaltamos a necessidade de futuras pesquisas, que aprofundem esse aspecto descrevendo possíveis limites e possibilidades destas ações, a fim de que sejam promovidas oportunidades para a efetivação do letramento científico.

## REFERENCIAS

ARRUDA, S. M.; PASSOS, M. M.; FREGOLENTE, A. Focos da Aprendizagem Docente. **ALEXANDRIA**, v. 5, n. 3, p. 25-48, 2012.

ARRUDA, S. M.; PASSOS, M. M.; PIZA, C. A. M.; FELIX, R. A. B. O aprendizado científico no cotidiano. **Ciência e Educação**, v. 19, n. 2, p. 481-498, 2013.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BIANCONI, M. L.; CARUSO, F. Educação não formal. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 57, n. 4, p. 20, 2005.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BONAMINO, A.; COSCARELLI, C.; FRANCO, C. Avaliação e letramento: concepções de aluno letrado subjacentes ao Saeb e ao Pisa. **Educação & Sociedade**, v. 23, n. 81, p. 91-113, 2002.

FEJOLO, T. B.; ARRUDA, S. M.; PASSOS, M. M. Aprendizagem científica informal no Pibid: Identificando e interpretando os focos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, 2013.

INEP. Programa da OCDE para Avaliação Internacional de Alunos - PISA. **Itens liberados de ciências**. Disponível em:

<[http://download.inep.gov.br/download/internacional/pisa/Itens\\_liberados\\_Ciencias.pdf](http://download.inep.gov.br/download/internacional/pisa/Itens_liberados_Ciencias.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2015.

INEP. PISA 2015 - **Programa Internacional de Avaliação de Estudantes**: exemplos de itens liberados de Ciências. 2015. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/acoes\\_internacionais/pisa/itens/2015/itens\\_liberados\\_ciencias\\_pisa\\_2015.pdf](http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/itens/2015/itens_liberados_ciencias_pisa_2015.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2016.

GIL PEREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não  
*REIEC Año 13 Nro. 1 Mes Julio*  
*Recepción: 12/03/2018*

deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy, 1996. 272p. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/4962/national-science-education-standards>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

\_\_\_\_\_. **Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8**. Committee on Science Learning, Kindergarten Through Eighth Grade. Washington, DC: The National Academies, 2007. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/11625.html>>. Acesso em: 11 maio 2015.

\_\_\_\_\_. **Learning Science in Informal Environments: People, Places and Pursuits**. Committee on Learning Science in Informal Environments: Washington, D.C. 2009. 352p. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/12190/learning-science-informal-environments-people-places-and-pursuits>>. Acesso em: 11 maio 2015.

\_\_\_\_\_. **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, 2012. 320p. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Matriz de avaliação de ciências**. Tradução do documento: PISA 2015. Draft Science Framework, 2013. Traduzido por Lenice Medeiros – Daeb/Inep. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/acoes\\_internacionais/pisa/marcos\\_referenciais/2015/matriz\\_de\\_ciencias\\_PISA\\_2015.pdf](http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/marcos_referenciais/2015/matriz_de_ciencias_PISA_2015.pdf)>. Acesso em: 17 jan. 2016.

\_\_\_\_\_. **PISA 2006 estrutura da avaliação: conhecimentos e habilidades em ciências, leitura e matemática**. São Paulo: Moderna, 2007. Disponível em: <<http://www.oecd-library.org/docserver/download/980603ue.pdf?expires=1459286233&id=id&accname=guest&checksum=2B57A9441D516E75859483E73545C2B1>>. Acesso em: 7 fev. 2016.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula**. 2008, 265f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.