



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

SANDRO LUCAS REIS COSTA

**PRÁTICAS CIENTÍFICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS:
CARACTERÍSTICAS, COMPREENSÕES E CONTEXTOS DAS
PUBLICAÇÕES**

Londrina
2021

SANDRO LUCAS REIS COSTA

**PRÁTICAS CIENTÍFICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS:
CARACTERÍSTICAS, COMPREENSÕES E CONTEXTOS DAS
PUBLICAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiele Cristiane
Dias Broietti

Londrina
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Costa, Sandro Lucas Reis.

Práticas Científicas no Ensino de Ciências : Características, Compreensões e Contextos das Publicações / Sandro Lucas Reis Costa. - Londrina, 2021.
107 f.

Orientador: Fabiele Cristiane Dias Broietti.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2021.

Inclui bibliografia.

1. Práticas Científicas - Tese. 2. NRC - Tese. 3. Revisão Bibliográfica Sistemática - Tese. 4. Ensino de Ciências - Tese. I. Broietti, Fabiele Cristiane Dias. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

CDU 37

SANDRO LUCAS REIS COSTA

**PRÁTICAS CIENTÍFICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS:
CARACTERÍSTICAS, COMPREENSÕES E CONTEXTOS DAS
PUBLICAÇÕES**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, para a obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Fabiele Cristiane Dias
Broietti
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Rui Marques Vieira
Universidade de Aveiro – UA

Profa. Dra. Marinez Meneghello Passos
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 4 de Março de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, professora Fabiele Cristiane Dias Broietti, pela sua receptividade em me aceitar como orientando, pelo seu apoio em todas as etapas da realização desta pesquisa, pela sua paciência na leitura e correção das diferentes versões da dissertação e sua disponibilidade em sempre discutir o encaminhamento da minha pesquisa. Muito obrigado por me guiar na realização desse sonho.

À professora Marinez Meneghello Passos, pela sua responsabilidade e dedicação à pesquisa que tem me inspirado a querer ser pesquisador, assim como os seus comentários e discussões na reunião do grupo EDUCIM me fizeram levar esta pesquisa a níveis mais elevados.

Ao professor Rui Marques Vieira, pela sua prontidão em participar desta banca e contribuir com seus comentários.

À Cibele Candeo Leite, pela sua eficiência em nos ajudar a cumprir nossos prazos e responsabilidades.

Por fim, a todos os professores e professoras que contribuíram para que eu chegasse nesta etapa da minha formação, em especial às professoras Mrs. Gardner, Stacy Leigh e Carla Cristina Perez.

COSTA, Sandro Lucas Reis. **Práticas Científicas no Ensino de Ciências: Características, Compreensões e Contextos das Publicações**. 2021. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

Esta pesquisa apresenta resultados de uma revisão bibliográfica sistemática de artigos envolvendo Práticas Científicas na área de Ensino de Ciências. Foram analisados 44 artigos publicados em periódicos internacionais da área de Ensino de Ciências nos últimos dez anos (2010-2019), disponíveis em quatro bases de dados: ERIC, Scielo, Scopus e Web of Science. Buscou-se responder às seguintes questões de pesquisa: I) Quais são as características das publicações envolvendo Práticas Científicas? II) Quais são as compreensões acerca das Práticas Científicas expressas nas publicações? III) Em quais contextos os autores realizaram pesquisas envolvendo Práticas Científicas? Para responder a tais questionamentos, foi realizada uma investigação qualitativa com os procedimentos analíticos orientados pela Análise de Conteúdo de Bardin (2011), e os procedimentos metodológicos conforme o guia para uma revisão bibliográfica sistemática de Okoli (2015). Em relação aos países das publicações, apesar de 59,1% dos artigos serem da América do Norte, 40,9% envolveram outros países da Europa, América do Sul, Ásia, Oceania, e África, caracterizando as Práticas Científicas como um tema de repercussão internacional. O interesse por pesquisas envolvendo Práticas Científicas tem aumentado nos últimos anos, já que 89% dos artigos sobre esse tema foram publicados entre 2015-2019. Houve uma grande quantidade de pesquisas de natureza teórica (25%) e 84% dos artigos investigados citaram referenciais para discutir Práticas Científicas, embasando suas discussões na literatura científica. Em relação às compreensões acerca das Práticas Científicas, três grupos emergiram: Artigos que apresentaram compreensões das Práticas Científicas alinhadas ao National Research Council (NRC) (D1); Artigos que apresentaram outras compreensões para Práticas Científicas (D2); e Artigos que não apresentaram suas compreensões para Práticas Científicas (D3). O grupo mais representativo (59,1%) foi o D1, que assumiu os pressupostos preconizados pelo NRC (2012) para Práticas Científicas. No segundo grupo (D2), observou-se outras compreensões para as Práticas Científicas, seguindo referenciais sociológicos, filosóficos e históricos. Em relação aos contextos aos quais os autores realizaram suas pesquisas, foram identificadas 6 categorias: Práticas Científicas e propostas de ensino (C1); Práticas Científicas e distintos quadros teóricos (C2); Práticas Científicas e os estudantes (C3); Práticas Científicas e as avaliações (C4); Práticas Científicas e os professores (C5); e Práticas Científicas e o currículo (C6). Encontrou-se uma grande tendência em relacionar Práticas Científicas e propostas de ensino (38,6%) e Práticas Científicas e distintos quadros teóricos (22,7%), totalizando mais de 61% dos artigos analisados. A partir dos resultados, considerou-se que ainda existem lacunas a serem investigadas envolvendo Práticas Científicas, evidenciadas pela ausência de estudos que apresentem discussões para cada uma das Práticas Científicas. Também são necessárias mais investigações que pesquisem as relações entre as Práticas Científicas e os alunos (aprendizagem) e as Práticas Científicas e o professor (ensino). Pesquisas nesse sentido podem ajudar a

esclarecer: Como os alunos se envolvem com as Práticas Científicas? Como organizar o ensino de modo a promover as Práticas Científicas? Como articular as Práticas Científicas com outras dimensões da aprendizagem? E quais as relações entre as Práticas Científicas, disciplinas e conteúdos específicos? Progressões de aprendizagem também necessitam ser elaboradas para diferentes conteúdos em Ciências e níveis de ensino para se compreender as mudanças no engajamento dos alunos nessas Práticas ao longo dos níveis de escolarização.

Palavras-chave: Práticas Científicas. NRC. Revisão Bibliográfica Sistemática. Ensino de Ciências.

COSTA, Sandro Lucas Reis. **Scientific Practices in Science Education: Characteristics, Understandings and Contexts of the Publications.** 2021. 107 p. Dissertation (Masters in Science Teaching and Mathematics Education) - Londrina State University, Londrina, 2021.

ABSTRACT

This research presents results of a systematic literature review of articles involving Scientific Practices in the field of Science Education. 44 articles published in international journals in Science Education in the last ten years (2010-2019) were analyzed, available in four databases: ERIC, Scielo, Scopus and Web of Science. We sought to answer the following research questions: I) What are the characteristics of the publications involving Scientific Practices? II) What are the understandings of Scientific Practices expressed in the publications? III) In what contexts did the authors carry out research involving Scientific Practices? To answer these questions, a qualitative investigation was carried out with the analytical procedures guided by Bardin's Content Analysis (2011) and the methodological procedures according to the guide for a systematic literature review by Okoli (2015). Regarding the countries of the publications, although 59.1% of the articles are from North America, 40.9% involved other countries in Europe, South America, Asia, Oceania, and Africa, characterizing Scientific Practices as a theme of international repercussion. Interest in research involving Scientific Practices has increased in recent years, as 89% of the articles were published between 2015-2019. There was a great deal of theoretical research (25%) and 84% of the articles cited references to discuss Scientific Practices, basing their discussions on the scientific literature. Regarding the understandings of Scientific Practices, three groups emerged: Articles that presented understandings of Scientific Practices aligned with the National Research Council (NRC) (D1); Articles that presented other understandings for Scientific Practices (D2); and Articles that did not present their understandings for Scientific Practices (D3). The most representative group (59.1%) was D1, which assumed the assumptions recommended by the NRC (2012) for Scientific Practices. In the second group (D2), other understandings for Scientific Practices were observed, following sociological, philosophical and historical references. In relation to the contexts in which the authors conducted their research, 6 categories were identified: Scientific Practices and teaching proposals (C1); Scientific Practices and distinct theoretical frameworks (C2); Scientific Practices and students (C3); Scientific Practices and assessments (C4); Scientific Practices and teachers (C5); and Scientific Practices and the curriculum (C6). There was a great tendency to relate Scientific Practices and teaching proposals (38.6%) and Scientific Practices and different theoretical frameworks (22.7%), totaling more than 61% of the analyzed articles. From the results we consider that there are still gaps to be investigated involving Scientific Practices, evidenced by the absence of studies that present discussions for each of the Scientific Practices. Further research is also needed to investigate the relationship between Scientific Practices and students (learning) and Scientific Practices and teachers (teaching). Research in this regard can help answer: How do students get involved with Scientific Practices? How to organize teaching in such a way as to promote Scientific Practices? How to link Scientific Practices with other dimensions of learning? And what are the relationships between Scientific Practices,

subjects and specific content? Learning progressions also need to be designed for different content in Science and education levels to understand the changes in students' engagement in these Practices throughout school levels.

Keywords: Scientific Practices. NRC. Systematic Literature Review. Science Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Distribuição das publicações conforme os continentes	51
Figura 2 –	Frequência absoluta de artigos publicados ao longo dos últimos 10 anos	52
Figura 3 –	A Prática Científica como um processo iterativo	67
Figura 4 –	Diagrama da representatividade dos contextos de pesquisa	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Propósitos das Práticas Científicas	26
Quadro 2	– Um guia de oito etapas para a realização de uma Revisão Bibliográfica Sistemática	40
Quadro 3	– Cronograma das atividades de pesquisa	41
Quadro 4	– Modelo de Inventário utilizado	42
Quadro 5	– Artigos excluídos e os respectivos motivos	44
Quadro 6	– Codificação dos 44 artigos revistos nesta pesquisa	45
Quadro 7	– Métodos de pesquisa dos artigos	53
Quadro 8	– Níveis de ensino emergentes dos artigos	53
Quadro 9	– Áreas de conhecimento emergentes dos artigos	54
Quadro 10	– Periódicos em que os artigos foram publicados	55
Quadro 11	– Levantamento de referenciais de Práticas Científicas dos artigos	55
Quadro 12	– Referenciais mais citados de Prática Científica	56
Quadro 13	– Referenciais das compreensões de Práticas Científicas do D1	61
Quadro 14	– As seis principais ideias de Práticas Científicas do grupo D1	63
Quadro 15	– Referenciais das compreensões de Práticas Científicas do D2	65
Quadro 16	– D3: Artigos que não apresentaram suas compreensões para Práticas Científicas	72
Quadro 17	– Contextos de pesquisa envolvendo as Práticas Científicas	74
Quadro 18	– Contextos de pesquisa investigados	86
Quadro 19	– Quadro síntese	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAS	American Association for the Advancement of Science
APA	American Psychological Association
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
ECE	Early Childhood Education
EDUCIM	Educação em Ciências e Matemática
ERIC	Education Resources Information Center
EUA	Estados Unidos da América
IBST	Inquiry Based Science Teaching
K-12	Do Jardim de Infância ao Ensino Médio
NGSS	Next Generation Science Standards
NRC	National Research Council
NSTA	National Science Teaching Association
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PC	Prática Científica
PIBID	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
STEM	Science, Technology, Engineering, and Mathematics
UEL	Universidade Estadual de Londrina
VPA	Virtual Performance Assessment

SUMÁRIO

	APRESENTAÇÃO	11
1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	20
2.2	PRÁTICAS CIENTÍFICAS.....	24
3	ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS E ANALÍTICOS	38
3.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA	38
3.2	PROCEDIMENTOS REALIZADOS	41
3.3	ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
4.1	QUAIS SÃO AS CARACTERÍSTICAS DAS PUBLICAÇÕES ENVOLVENDO PRÁTICAS CIENTÍFICAS?	50
4.2	UMA ANÁLISE CRÍTICA DAS CARACTERÍSTICAS DAS PUBLICAÇÕES	58
4.3	QUAIS SÃO AS COMPREENSÕES ACERCA DAS PRÁTICAS CIENTÍFICAS EXPRESSAS NAS PUBLICAÇÕES?.....	60
4.4	UMA ANÁLISE CRÍTICA DAS COMPREENSÕES	72
4.5	EM QUAIS CONTEXTOS OS AUTORES REALIZARAM PESQUISAS ENVOLVENDO PRÁTICAS CIENTÍFICAS?.....	74
4.5.1	Práticas Científicas e Propostas de Ensino (C1).....	75
4.5.2	Práticas Científicas e Distintos Quadros Teóricos (C2).....	76
4.5.3	Práticas Científicas e os Estudantes (C3)	78
4.5.4	Práticas Científicas e as Avaliações (C4).....	80
4.5.5	Práticas Científicas e os Professores (C5).....	82
4.5.6	Práticas Científicas e o Currículo (C6)	84
4.5.7	Uma Análise Crítica dos Contextos de Pesquisa	86
4.6	UMA VISÃO GERAL DOS RESULTADOS.....	89
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91

REFERÊNCIAS	95
--------------------------	----

APRESENTAÇÃO

Nesta seção, apresento uma breve descrição da minha trajetória pessoal e acadêmica até o momento.

Nasci no interior do Paraná, filho de um agricultor e de uma professora da Educação Especial. Aos dois anos de idade, meus pais e eu fomos para os Estados Unidos para viver, onde permanecemos por mais de dez anos. Lá, realizei a Educação Infantil e o Ensino Fundamental, conseqüentemente aprendendo Inglês na escola. Já o Português, eu falava em casa com a minha família e com os amigos mais próximos.

Retornamos ao Brasil em 2008 para a cidade da família dos meus pais, Ortigueira, e começamos a morar no campo. Cerca de dois anos após o nosso retorno para o Brasil, mudei-me para Maringá, mas, dessa vez, sozinho, para realizar o Ensino Médio em um colégio interno. Lá, tive meu primeiro contato com a disciplina de Química e, desde a primeira aula, essa sempre foi minha matéria preferida.

Iniciei o curso de Licenciatura em Química na Universidade Estadual de Londrina (UEL) em 2013, com pretensões de trabalhar na indústria. Porém, experiências positivas na área do Ensino, vividas durante a Graduação, fizeram-me repensar os meus objetivos. Durante a graduação, fui muito “tocado” pelo PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – e por várias disciplinas da área de Ensino de Química. Também trabalhei integralmente como professor de Inglês em uma escola de idiomas e, parcialmente, como tradutor Inglês-Português, sendo essas experiências de ensino muito valiosas que adquiri nesse período de tempo. Desde então, tenho gostado muito de ser professor e tenho me visto como professor. Ao mesmo tempo, passei a admirar e a me sentir inspirado pelo trabalho dos professores pesquisadores da área de Ensino de Ciências, o que me estimulou a começar a participar e a escrever trabalhos para eventos científicos, ainda no final da Graduação. Isso me levou, ao final do curso, a tomar a decisão de realizar o Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática na UEL.

As disciplinas que cursei no Mestrado me inspiraram e me motivaram a desenvolver um grande interesse pela pesquisa em Ensino de Ciências. A participação no grupo de pesquisa EDUCIM – Educação em Ciências e Matemática – também tem sido uma experiência transformadora quanto ao meu

desenvolvimento profissional, pois tenho sido exposto a uma grande quantidade de pesquisas e projetos na área de Ensino de Ciências e Educação Matemática, permitindo-me visualizar as distintas possibilidades de pesquisas. Sinto que minhas compreensões acerca de temas da área de Ensino de Ciências expandiram muito nesse período e que minha curiosidade e interesse por realizar pesquisa também aumentou.

Tive o contato com a ideia de realizar uma pesquisa envolvendo Práticas Científicas com o retorno da Profa. Dra. Fabiele Cristiane Dias Broietti de seu Pós-Doutorado em Portugal. Desde a apresentação da ideia, tenho me envolvido na pesquisa deste tema e utilizado o conceito de Práticas Científicas e Dimensões da Aprendizagem Científica para pensar e repensar a respeito de diferentes temas, como aprendizagem, currículo, ensino e avaliação.

1 INTRODUÇÃO

Em 2012, o *National Research Council* (NRC) publicou uma estruturação e fundamentação conceitual para o Ensino de Ciências na Educação Básica intitulada “A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas”. Conforme o NRC (2012), o documento representa um primeiro passo em um processo para criar novos padrões no Ensino de Ciências nos níveis Fundamental e Médio. De acordo com o NRC (2012), o documento foi lançado em um momento oportuno em que um grande número de estados estava adotando padrões comuns em Matemática e Inglês e estavam preparados para considerar a adoção de padrões no Ensino de Ciências na Educação Básica. O Conselho também considera o documento como um passo importante na fortificação dos documentos nacionais sobre o Ensino de Ciências nos Estados Unidos, desenvolvidos em meados dos anos 90.

O documento para criação de novos padrões no Ensino de Ciências no Ensino Básico foi desenvolvido a partir do reconhecimento de que, embora os documentos nacionais existentes sobre o conteúdo científico para os Ensinos Fundamental e Médio foram um passo importante no fortalecimento da educação científica, existe muito espaço para melhorias (NRC, 2012). Além disso, a ciência progrediu e a comunidade de educação desenvolveu novas compreensões importantes devido aos 10 anos da implementação da educação padronizada¹. Também existem novas pesquisas sobre aprendizagem e ensino em ciências que podem informar uma revisão dos padrões existentes e revitalizar a educação científica (NRC, 2012).

Conforme o NRC (2012), essa estruturação destaca o poder de integrar a compreensão das ideias da ciência com o envolvimento nas práticas da ciência². O projeto foi elaborado para construir a proficiência e apreciação dos alunos pela ciência ao longo dos vários anos escolares. De acordo com o NRC (2012):

¹ A Educação padronizada envolve ter objetivos ou metas de aprendizagem acerca do que os alunos devem saber e ser capazes de fazer em cada ano escolar.

² Algumas variantes para o termo são encontradas na literatura, como: “scientific practices”, “practices of science”, “science practices”, “authentic practices of science”, etc. Alguns artigos investigados nesta pesquisa utilizaram essas outras variantes, além de utilizar “scientific practices”, porém todos os artigos tiveram o termo “scientific practices” no resumo, pelo menos uma vez.

O objetivo primordial de nossa estruturação para o ensino de ciências do ensino básico é assegurar que até o final do 12º ano, todos os alunos apreciem a beleza e a maravilha da ciência; possuam conhecimento suficiente de ciência e engenharia para se engajar em discussões públicas sobre assuntos relacionados; sejam consumidores cuidadosos de informação científica e tecnológica relacionado a suas vidas cotidianas; sejam capazes de continuar a aprender sobre ciência fora da escola; e possuam as habilidades necessárias para ingressar em carreiras de sua escolha, incluindo carreiras em ciência, engenharia e tecnologia (NRC, 2012, p. 1, tradução nossa)³.

O NRC também aponta algumas das principais lacunas encontradas no ensino de Ciências nos Estados Unidos, como: 1) Não há uma organização para se ensinar Ciências ao longo dos anos na escola; 2) A ênfase está em dar conta da extensão do conteúdo, considerando pouco a sua profundidade; e 3) Não se fornece aos estudantes oportunidades engajadas para experimentarem como a Ciência é feita. Assim, o documento foi projetado para abordar diretamente essas falhas e superá-las. O NRC (2012) afirma que o projeto é baseado em um corpo rico e crescente de pesquisas sobre ensino e aprendizagem em Ciências, bem como em quase duas décadas de esforços para definir o conhecimento fundamental e habilidades para a Ciência e Engenharia do ensino básico.

O Conselho recomenda que a educação científica nos Ensinos Fundamental e Médio seja construída em torno de três dimensões principais: 1) Práticas Científicas e de Engenharia; 2) Conceitos Transversais que unificam o estudo da Ciência e Engenharia por meio da sua aplicação comum em todos os campos; e 3) Ideias Centrais em quatro áreas disciplinares. O NRC (2012) estruturou as quatro áreas disciplinares como Ciências Físicas; Ciências da Vida; Ciências da Terra e do Espaço; Engenharia, Tecnologia e Aplicações da Ciência.

De fato, o comitê de elaboração e estruturação para o ensino de Ciências é composto por diferentes professores e pesquisadores de distintas áreas, tais como Física, Biologia, Genética, Ciências da Terra, Ciências da Aprendizagem, Formação de Professores, Química, Biologia Química, Ciências Espaciais, Ensino e Aprendizagem de Ciências, Educação, Psicologia, Políticas Públicas, Bioengenharia, Currículo e Instrução. A intenção da estruturação proposta pelo NRC (2012) é

³ No texto original: "The overarching goal of our framework for K-12 science education is to ensure that by the end of 12th grade, all students have some appreciation of the beauty and wonder of science; possess sufficient knowledge of science and engineering to engage in public discussions on related issues; are careful consumers of scientific and technological information related to their everyday lives; are able to continue to learn about science outside school; and have the skills to enter careers of their choice, including (but not limited to) careers in science, engineering, and technology." (NRC, 2012, p. 1).

orientar os escritores de documentos norteadores; os desenvolvedores de currículo; desenvolvedores de avaliação; administradores de estados e distritos; e os educadores científicos trabalhando em ambientes informais.

Nosso interesse em compreender um pouco mais acerca dessas dimensões supracitadas teve início em uma pesquisa de mestrado desenvolvida por Nora (2017), na qual o pesquisador buscou identificar Práticas Científicas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais disciplinares em questões de Ciências do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA). Em artigo originado dessa investigação, os autores descrevem o potencial de certas questões do PISA para engajar os estudantes nessas dimensões específicas (BROIETTI; NORA; COSTA, 2019).

Há outras pesquisas em andamento, no nosso Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Matemática (EDUCIM), com o foco nas Práticas Científicas. Uma delas visa investigar, por meio da produção escrita dos estudantes em questões de Ciências do PISA, as Práticas Científicas e os conceitos científicos mobilizados para resolver as questões, e a outra investiga ideias de licenciandos acerca das Práticas Científicas a partir de um curso desenvolvido em um semestre letivo.

Das discussões originadas dessas pesquisas iniciais, constatamos que se fazia necessária uma revisão sistemática que identificasse: as principais características das pesquisas existentes envolvendo Práticas Científicas no Ensino de Ciências; as compreensões expressas nas publicações acerca do próprio termo – Prática Científica; e os contextos em que os autores realizavam essas pesquisas.

Também justificamos a relevância desta revisão devido à importância dada às Práticas Científicas no Ensino de Ciências em reformas educacionais internacionais recentes, que tem preconizado um Ensino de Ciências baseado em Práticas Científicas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais disciplinares por meio de novos padrões (NRC, 2012; NGSS, 2013). O *Next Generation Science Standards* (NGSS), por exemplo, é um movimento interestadual nos Estados Unidos que visa criar novos padrões de educação em Ciências que sejam ricos em conteúdo e prática, e que sejam organizados de maneira coerente para fornecer aos alunos uma educação científica com referência internacional (NGSS, 2013).

Os objetivos dos padrões incluem o combate à ignorância da ciência, a criação de padrões comuns para o ensino nos Estados Unidos e o aumento do interesse em ciências entre os alunos, para que mais estudantes optem por se formar em ciência e tecnologia na Universidade. Os padrões têm três dimensões: as Ideias Centrais, que consistem em conteúdos e áreas temáticas específicas; as Práticas Científicas, as quais orientam que os alunos devem não apenas aprender o conteúdo, mas também compreender os métodos de cientistas e engenheiros; e os Conceitos Transversais, que são as principais ideias subjacentes comuns a vários tópicos na Ciência. Os padrões descrevem "expectativas de desempenho/performance" para estudantes na área de ciências e engenharia e definem o que os alunos devem ser capazes de fazer para mostrar as competências esperadas (NGSS, 2013).

Conforme o NTSA – *National Science Teaching Association*, 44 estados (representando 71% dos estudantes dos EUA) têm padrões de educação influenciados pelo NRC (2012) e 20 estados já adotaram os padrões, representando mais de 35% dos alunos dos Estados Unidos. Dessa forma, o conceito de Prática Científica assume um papel central no Ensino de Ciências dos Estados Unidos e tem sido foco de pesquisa de diversos estudos não só estadunidenses, mas também de outros países. Nesse sentido, esta pesquisa vem contribuir para discutir a compreensão do termo Prática Científica e como ele vem sendo utilizado na literatura internacional da área.

A princípio, esta dissertação investigaria as Práticas Científicas no contexto internacional e no contexto nacional (Brasil), porém, devido ao tempo limitado concedido para a elaboração da dissertação de Mestrado e as diferenças entre as compreensões acerca das Práticas Científicas no Brasil, foi decidido realizar a investigação *apenas no contexto internacional*.

Para fazer um breve contraponto sobre estudos envolvendo Práticas Científicas em pesquisas nacionais, ao buscar artigos contendo os termos “Práticas Científicas” e “Ensino de Ciências” em periódicos revisados por pares no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) foram gerados apenas 13 resultados, o que demonstra o pouco uso da expressão no contexto brasileiro. A partir dessa busca rápida, notamos que alguns artigos nacionais não expressaram suas compreensões acerca do que consideravam como Práticas Científicas, enquanto outros artigos utilizam a

expressão Práticas Científicas no sentido de “atividades científicas”. A não inclusão de compreensões/definições explícitas para o termo requer a realização de uma pesquisa independente, que investigue as Práticas Científicas no contexto nacional e identifique as compreensões emergentes.

Também encontramos alguns artigos que possuem uma concepção de Prática Científica um pouco mais definida, como Silva, Silva e Kasseboehmer (2019), os quais consideram que a Prática Científica contém alguns processos inerentes, como a criatividade, autonomia e a dúvida que, muitas vezes, não são aprendidas pelos estudantes. Para Silva, Silva e Kasseboehmer (2019),

Como resultado, os alunos conhecem pouco sobre a natureza das ciências, incluindo os modos de trabalhar dos cientistas, como a formulação de hipóteses, a proposição de procedimentos experimentais, a análise de dados e as discussões de resultados com seus pares (MUNFORD; LIMA, 2007 apud SILVA; SILVA; KASSEBOEHMER, 2019, p. 360).

Apesar desse artigo não citar os documentos do NRC, consideramos que há pontos que se conectam com esse referencial, como uma maior compreensão da natureza da ciência e os “modos de trabalhar dos cientistas”, bem como a menção desses modos de trabalho, que convergem como algumas das Práticas Científicas definidas do NRC (2012). Há outros artigos nacionais que, explicitamente, assumem a compreensão de Práticas Científicas conforme os documentos do NRC (2012). Broietti, Nora e Costa (2019), por exemplo, buscaram identificar o potencial de questões específicas de Química do PISA em envolver os estudantes nas dimensões da aprendizagem científica (Práticas Científicas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais). Para esses autores, a Prática Científica mais identificada dentre o *corpus*⁴ de questões foi: *analisar e interpretar dados* (Prática Científica 4 – PC4) e *construir explicações* (Prática Científica 6 – PC6).

Uma pesquisa independente, com enfoque em investigar as compreensões acerca das Práticas Científicas nas publicações nacionais, poderia servir para identificar se existe uma compreensão definida e unificada do termo no contexto brasileiro, esclarecendo a visão desse tema nacionalmente, bem como identificar possíveis pontos convergentes e divergentes com a literatura internacional.

Nesta investigação, tivemos como objetivos:

⁴ Material textual coletado e submetido a análise, orientada pelas hipóteses e referenciais teóricos.

- I) Identificar as características das publicações envolvendo Práticas Científicas;
- II) Identificar as compreensões acerca das Práticas Científicas por meio de aspectos apresentados pelos autores das publicações;
- III) Identificar em quais contextos os autores realizaram pesquisas envolvendo Práticas Científicas.

As questões que se colocaram, portanto, foram:

- I) Quais são as características das publicações envolvendo Práticas Científicas?
- II) Quais são as compreensões acerca das Práticas Científicas expressas nas publicações?
- III) Em quais contextos os autores realizaram pesquisas envolvendo Práticas Científicas?

Destacamos que, quando nos referimos às *características das publicações*, focamos nossas análises nos seguintes aspectos: autores, instituições, continentes, países, período de publicação, métodos, níveis de ensino, áreas de conhecimento, periódicos e principais referenciais. Para as compreensões do termo Prática Científica, buscamos nos artigos analisados aspectos expressos pelos autores quanto à definição adotada. Já o contexto forneceu uma imagem do “o quê” ou “quem” estava relacionado com as Práticas Científicas nos artigos. Por exemplo, se os artigos relacionavam os professores, o currículo, as propostas de ensino etc. com as Práticas Científicas. Os contextos identificados serão discutidos em maiores detalhes na seção de Resultados e Discussões.

A produção bibliográfica investigada foi constituída por artigos da área de Ensino de Ciências publicados em periódicos internacionais. Foram considerados os artigos selecionados por meio de quatro bases de dados (ERIC, Scielo, Scopus e Web of Science), publicados nos últimos dez anos (2010-2019).

Esta dissertação foi organizada em cinco capítulos, seguidos das referências. Na sequência, descrevemos cada capítulo.

No Capítulo 1, apresentamos a Introdução, situando brevemente as Práticas Científicas e apresentando as questões de pesquisa e os objetivos da dissertação.

No Capítulo 2, intitulado Fundamentação Teórica, apresentamos um breve enquadramento histórico do NRC, assim como o conceito de Práticas Científicas conforme esse documento. Em seguida, discutimos cada Prática

Científica individualmente, apresentando referências complementares para esclarecer a importância de cada Prática Científica para o Ensino de Ciências.

No Capítulo 3 – Encaminhamentos Metodológicos e Analíticos –, apresentamos os fundamentos da revisão bibliográfica sistemática e descrevemos as oito etapas para sua realização, conforme Okoli (2015) e o desenvolvimento dessas etapas na pesquisa. Na sequência, explicitamos os procedimentos realizados e a análise de dados utilizada, a Análise de Conteúdo, e explicamos como os movimentos analíticos foram realizados para esta pesquisa.

O Capítulo 4 – Resultados e Discussões – foi separado em três partes que buscam responder a cada uma das três perguntas de pesquisa individualmente. Nas seções desse capítulo, discorreremos sobre as características das publicações, as compreensões acerca das Práticas Científicas e os contextos de pesquisa em relação às Práticas Científicas. Também apresentamos uma análise crítica para cada um desses aspectos, sintetizando os resultados de cada pergunta de pesquisa e apresentando críticas à literatura existente.

Por fim, no Capítulo 5 – Considerações finais –, apresentamos as compreensões e interpretações finais, apontando as conclusões desta pesquisa e indicando implicações para pesquisas futuras.

Nas referências, indicamos a bibliografia utilizada na elaboração desta dissertação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, apresentamos um breve enquadramento histórico do NRC, o conceito de Práticas Científicas conforme esse documento e descrevemos as oito Práticas Científicas indicadas pelo NRC (2012), discutindo individualmente seu propósito no Ensino de Ciências.

2.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

As Academias Nacionais de Ciências, Engenharia e Medicina dos Estados Unidos (*National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*) são instituições privadas, sem fins lucrativos, que fornecem consultoria especializada sobre alguns dos desafios mais urgentes enfrentados pelo país e pelo mundo. As Academias possuem diversos objetivos, como ajudar a estruturar políticas concretas, informar a opinião pública e avançar na busca da ciência, engenharia e medicina. As Academias foram criadas para atender à necessidade urgente do governo norte americano de possuir um consultor independente em assuntos científicos. A criação das Academias se deu em 1863, quando o Presidente Abraham Lincoln assinou uma carta constitucional para a Academia Nacional de Ciências para investigar, examinar, experimentar e relatar qualquer assunto da ciência. Assim, sob a autoridade dessa carta concedida pelo Congresso em 1863, a Academia tem um mandato que lhe exige o aconselhamento do governo federal sobre assuntos científicos e técnicos (*The National Academies*).

A missão das Academias Nacionais de Ciências, Engenharia e Medicina é melhorar a tomada de decisão do governo especificamente em relação às políticas públicas, aumentar a compreensão do público e promover a aquisição e a disseminação de conhecimentos em questões envolvendo ciência, engenharia, tecnologia e saúde. Conforme as Academias, seus relatórios independentes e especializados, bem como outras atividades científicas, auxiliam na formação de políticas e ações que têm o poder de melhorar a vida das pessoas nos EUA e em todo o mundo (*The National Academies*).

Como a Ciência começou a desempenhar um papel cada vez maior nas prioridades nacionais e na vida pública, a Academia Nacional de Ciências se expandiu para incluir o Conselho Nacional de Pesquisa (*National Research Council*

– NRC), em 1916. O NRC foi organizado para associar a ampla comunidade científica e tecnológica com os propósitos da Academia de construir um maior conhecimento em ciência e tecnologia e aconselhar o Governo Federal. Desde então, funcionando de acordo com as políticas gerais determinadas pela Academia, o NRC tornou-se a principal agência operacional das Academias Nacionais no fornecimento de serviços ao governo, ao público e às comunidades científicas e de engenharia (*The National Academies*).

A definição de metas nacionais e padrões para atendê-las são estratégias relativamente recentes na política de reforma educacional dos Estados Unidos (NRC, 1996). O apoio aos padrões nacionais de educação surgiu em 1989, quando a Associação Nacional de Governadores apoiou a elaboração de metas nacionais para a educação. Os primeiros padrões surgiram em 1989, no momento em que professores de matemática, em conjunto com matemáticos, desenvolveram o *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, elaborado pelo Conselho Nacional de Professores de Matemática (NCTM, 1989), e com a elaboração do *Everybody Counts: A Report to the Nation on the Future of Mathematics Education*, pelo NRC (1989). O *A Nation at Risk (National Commission on Excellence in Education, 1983)* também pode ser considerado como um documento precursor relevante para esse movimento (NRC, 1996).

Em 1989, o *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), por meio do Projeto 2061, publicou o *Science for All Americans*, definindo a literacia científica para todos os alunos do ensino médio. Já os primeiros padrões em Ensino de Ciências foram publicados em 1996 pelo NRC, intitulado: *National Science Education Standards* (NRC, 1996). Esse documento estabelecia padrões nacionais para o Ensino de Ciências, definindo orientações especificamente para o ensino; desenvolvimento profissional de professores; avaliação; conteúdos a serem desenvolvidos; programas de Ensino de Ciências e sistemas educacionais. Um dos principais objetivos do documento foi promover a literacia científica dos estudantes dos Estados Unidos:

Esta nação [Estados Unidos] estabeleceu como meta que todos os alunos alcancem a literacia científica. Os Padrões Nacionais de Educação Científica são elaborados para permitir que a nação atinja esse objetivo. Eles explicam uma visão da educação científica que tornará a literacia científica uma realidade para todos no século 21. Os padrões apontam para uma destinação e fornecem um roteiro de como chegar lá (NRC, 1996, Call

to action, tradução nossa)⁵.

Conforme o NRC (1996), a literacia científica é necessária devido à transformação do mundo em um ambiente cheio de produtos científicos, no qual todos os cidadãos precisam utilizar a informação científica para tomar decisões diariamente. Nesse sentido, o NRC (1996, p. 1) defende que “todos precisam ser capazes de se envolver de forma inteligente no discurso público e poder debater sobre questões importantes que envolvem ciência e tecnologia”, assim como “compartilhar a emoção e a realização pessoal que pode vir da compreensão e aprendizagem sobre o mundo natural”. Além de apresentar uma grande ênfase na literacia científica, o documento também defende a necessidade de “acompanhar os mercados globais”, sendo necessário, para isso, “cidadãos igualmente capazes” (NRC, 1996, p. 1-2). Para o NRC (1996),

A literacia científica também é cada vez mais importante no local de trabalho. Mais e mais empregos exigem habilidades avançadas, exigindo que as pessoas sejam capazes de aprender, raciocinar, pensar criativamente, tomar decisões e resolver problemas. A compreensão da ciência e dos processos da ciência contribui para uma forma essencial para essas habilidades. Outros países estão investindo pesadamente para criar forças de trabalho cientificamente e tecnicamente alfabetizadas. (NRC, 1996, p. 1, tradução nossa)⁶.

De acordo com esse documento, o desenvolvimento de padrões que visam a literacia científica dos estudantes é relevante, pois:

A literacia científica permite que as pessoas usem princípios e processos científicos na tomada de decisões pessoais e para participar em discussões de questões que afetam a sociedade. Uma sólida base científica fortalece muitas das habilidades que as pessoas usam todos os dias, como resolver problemas de forma criativa, pensar criticamente, trabalhar cooperativamente em equipes, usando a tecnologia de forma eficaz e valorizando a aprendizagem ao longo da vida. A produtividade econômica de nossa sociedade também está intimamente ligada às habilidades científicas e tecnológicas de nossos trabalhadores (NRC, 1996, call to

⁵ No texto original: “This nation has established as a goal that all students should achieve scientific literacy. The National Science Education Standards are designed to enable the nation to achieve that goal. They spell out a vision of science education that will make scientific literacy for all a reality in the 21st century. They point toward a destination and provide a roadmap for how to get there.” (NRC, 1996, Call to action).

⁶ No texto original: “Scientific literacy also is of increasing importance in the workplace. More and more jobs demand advanced skills, requiring that people be able to learn, reason, think creatively, make decisions, and solve problems. Na understanding of science and the processes of science contributes in a essential way to these skills. Other countries are investing heavily to create scientifically and technically literate work forces.” (NRC, 1996, p. 1).

action, tradução nossa)⁷.

Devido à grande importância do conceito de literacia científica no documento, o NRC (1996) apresenta a definição assumida de literacia científica e esboça discussões detalhadas acerca das habilidades que essa contempla:

A literacia científica é o conhecimento e a compreensão de conceitos e processos científicos necessários para a tomada de decisão pessoal, a participação em assuntos cívicos e culturais e a produtividade econômica. [A literacia científica] Também inclui tipos específicos de habilidades (NRC, 1996, p. 22, tradução nossa)⁸.

Em relação ao que significa ter literacia científica, o NRC (1996) apresenta:

Literacia científica significa que uma pessoa pode perguntar, encontrar ou determinar as respostas a perguntas derivadas da curiosidade de experiências diárias. [literacia científica] Significa que uma pessoa tem a habilidade de descrever, explicar e prever fenômenos naturais. A literacia científica envolve ser capaz de ler com compreensão artigos sobre ciência na imprensa popular e envolver-se em conversas sociais sobre a validade das conclusões. Literacia científica implica que uma pessoa pode identificar questões subjacentes às decisões nacionais e locais e expressar posições que são cientificamente e tecnologicamente informadas (NRC, 1996, p. 22, tradução nossa)⁹.

A respeito das Práticas Científicas, o NRC (1996) discute que as interações de professores e alunos em relação aos critérios de avaliação ajuda os alunos a entenderem as expectativas para o seu trabalho, fornecendo experiência na aplicação de padrões da Prática Científica para seus próprios esforços científicos e os esforços de outros. O NRC (1996) também apresenta que:

⁷ No texto original: "Scientific literacy enables people to use scientific principles and processes in making personal decisions and to participate in discussions of scientific issues that affect society. A sound grounding in science strengthens many of the skills that people use every day, like solving problems creatively, thinking critically, working cooperatively in teams, using technology effectively, and valuing life-long learning. And the economic productivity of our society is tightly linked to the scientific and technological skills of our work force." (NRC, 1996, Call to action).

⁸ No texto original: "Scientific literacy is the knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity. It also includes specific types of abilities." (NRC, 1996, p. 22).

⁹ No texto original: "Scientific literacy means that a person can ask, find, or determine answers to questions derived from curiosity about everyday experiences. It means that a person has the ability to describe, explain, and predict natural phenomena. Scientific literacy entails being able to read with understanding articles about science in the popular press and to engage in social conversation about the validity of the conclusions. Scientific literacy implies that a person can identify scientific issues underlying national and local decisions and express positions that are scientifically and technologically informed." (NRC, 1996, p. 22).

Avaliações formais e informais dos professores acerca do trabalho dos alunos devem exemplificar a prática científica de fazer julgamentos. As normas para julgar o significado, solidez e a criatividade do trabalho científico é complexo, mas não é arbitrário. No trabalho de aprendizagem em sala de aula e investigação, os professores representam os padrões de prática da comunidade científica. Quando os professores tratam os alunos como aprendizes sérios e servem como treinadores em vez de juizes, os alunos entendem e aplicam os padrões de boas práticas científicas (NRC, 1996, p. 88, tradução nossa)¹⁰.

O *National Science Education Standards* de 1996 (NRC, 1996) representa o primeiro conjunto de padrões para o Ensino de Ciências e apresenta apenas quatro menções ao termo Prática Científica. Apesar disso, é notável que o NRC (1996) apresenta uma grande ênfase na literacia científica e o estabelecimento de padrões centrados no ensino, nos professores e no desenvolvimento profissional de professores (evidente na organização dos capítulos do documento). Nota-se que o NRC (1996) relaciona o conceito de Práticas Científicas sempre à relação professor-aluno e indica um exemplo de Prática Científica (o julgamento utilizado pelo professor na avaliação). Já o NRC (2012) e NGSS (2013) se diferenciam dos documentos anteriores, como o NRC (1996), por exemplo, por apresentarem uma maior ênfase na aprendizagem em ciências ao longo dos anos, centrada no aluno e orientada por meio de Práticas Científicas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais, com uma definição e discussão robusta acerca das Práticas Científicas e como os alunos podem nelas se envolver.

2.2 PRÁTICAS CIENTÍFICAS

Conforme o NRC (2012), a tensão entre a ênfase que deve ser colocada no conhecimento do conteúdo da Ciência e a ênfase nas Práticas Científicas é um dilema que tem causado muitas discussões na área de Ensino de Ciências. De acordo com Driver *et al.* (1996) e Schwab (1962), autores nos quais o NRC se fundamenta, um foco apenas no conteúdo da Ciência pode ter como consequência deixar os alunos com concepções ingênuas da natureza da

¹⁰ No texto original: “A teacher’s formal and informal evaluations of student work should exemplify scientific practice in making judgments. The standards for judging the significance, soundness, and creativity of work in professional scientific work are complex, but they are not arbitrary. In the work of classroom learning and investigation, teachers represent the standards of practice of the scientific community. When teachers treat students as serious learners and serve as coaches rather than judges, students come to understand and apply standards of good scientific practice.” (NRC, 1996, p. 88).

investigação científica e a impressão de que a ciência é simplesmente um corpo de fatos isolados. De acordo com o NRC (2012),

A Dimensão 1 descreve (a) as principais práticas que os cientistas empregam ao investigar e construir modelos e teorias sobre o mundo e (b) um conjunto-chave de práticas de engenharia que engenheiros usam ao projetar e construir sistemas. Utilizamos o termo "práticas" em vez de um termo como "habilidades" para enfatizar que o envolvimento na investigação científica requer não só habilidade, mas também conhecimento específico para cada prática científica (NRC, 2012, p. 30, tradução nossa)¹¹.

Além disso, ao articular as práticas da Dimensão 1, o NRC busca melhor especificar o que se entende por investigação em ciência e a gama de práticas cognitivas, sociais e físicas que ela requer. Conforme o NRC (2012), similarmente a outras abordagens baseadas em investigação no ensino de Ciências, o projeto pretende envolver os alunos ativamente nas práticas e não apenas ensiná-los sobre elas. Justifica-se essa abordagem já que os estudantes não podem compreender Práticas Científicas nem apreciar plenamente a natureza do próprio conhecimento científico sem experimentar as Práticas diretamente.

O NRC (2012) justifica o uso das práticas no ensino de Ciências, pois a aquisição de habilidades envolvidas nessas Práticas apoia uma melhor compreensão de como o conhecimento científico se desenvolve. Esse envolvimento com as Práticas favorece o apreço às diversas abordagens que são utilizadas nas investigações científicas e ajudam os estudantes a se tornarem consumidores críticos da informação científica.

A participação dos alunos nas Práticas também envolve o fazer ciência, que é um aspecto relevante na Educação Básica, já que pode causar picos de curiosidade, interesse e motivação para o estudo. Também por meio desse processo, os estudantes podem perceber a criatividade envolvida no trabalho do cientista e do engenheiro (NRC, 2012). De acordo com o NRC (2012), para compreender a Ciência como um conjunto de práticas é necessário o desenvolvimento de teorias, o raciocínio, o discurso entre pares, o desenvolvimento de modelos, a realização de inferências, a observação e a testagem de hipóteses.

¹¹ No texto original: "Dimension 1 describes (a) the major practices that scientists employ as they investigate and build models and theories about the world and (b) a key set of engineering practices that engineers use as they design and build systems. We use the term "practices" instead of a term such as "skills" to emphasize that engaging in scientific investigation requires not only skill but also knowledge that is specific to each practice." (NRC, 2012, p. 30).

Esses componentes fazem parte das Práticas Científicas e estão inseridos em um contexto que inclui participantes, instituições e formas especializadas de escrita e fala.

A estruturação proposta pelo NRC vai contra a tendência de reduzir as Práticas Científicas a um único conjunto de procedimentos, como, por exemplo, a identificação e o controle de variáveis ou a classificação de dados. De acordo com o NRC (2012), isso deve ser evitado, pois essa tendência enfatiza apenas a investigação experimental em detrimento de outras Práticas Científicas, como a modelagem, a crítica e a comunicação.

Conforme o NRC (2012), o foco em Práticas (no plural) também ajuda a evitar a impressão de que existe uma abordagem específica, única ou definida para toda a Ciência, ou seja, um método infalível. As Práticas descritas pelo NRC derivam daquelas que cientistas e engenheiros realmente realizam como parte de seu trabalho. Assim, a oportunidade dos alunos de imergirem nessas práticas e explorar por que elas são fundamentais para a Ciência e Engenharia são movimentos críticos que promovem o apreço pelas habilidades de cientistas e engenheiros, assim como a natureza de suas tarefas.

O NRC (2012) destaca a importância de se utilizar as Práticas de forma interativa e em combinação, pois as Práticas não são consideradas uma sequência linear de etapas que devem ser desenvolvidas na ordem apresentada. O objetivo geral das Práticas é desenvolver nos alunos uma aptidão e facilidade de utilizar as práticas científicas como recursos para apoiar sua aprendizagem e demonstrar suas compreensões acerca da Ciência (NRC, 2012).

O NRC (2012) justifica a escolha ou seleção de cada Prática Científica como fundamental na sua estruturação para o ensino de Ciências na Educação Básica. No Quadro 1, é apresentado uma breve descrição dos propósitos de cada Prática Científica.

Quadro 1 - Propósitos das Práticas Científicas

1. Fazer perguntas
A ciência inicia com uma pergunta sobre um fenômeno, como "Por que o céu é azul?" ou "O que causa o câncer?", e procura desenvolver teorias que podem fornecer respostas explicativas para tais perguntas. Uma prática básica do cientista é formular perguntas que podem ser respondidas empiricamente, estabelecer o que já é conhecido e determinar quais perguntas ainda podem ser respondidas de forma satisfatória.
2. Desenvolver e utilizar modelos
A ciência frequentemente envolve a construção e o uso de uma ampla variedade de modelos e

simulações para ajudar a desenvolver explicações sobre fenômenos naturais. Modelos possibilitam ir além do que é observável e imaginar um mundo ainda não visto.
3. Planejar e realizar investigações
A investigação científica pode ser conduzida no campo ou no laboratório. Uma prática importante de cientistas é planejar e realizar uma investigação sistemática, que requer a identificação do que deve ser coletado, como deve ser coletado, o que deve ser tratado como variável dependente etc. A observação e os dados coletados de tal trabalho são utilizados para testar teorias e explicações existentes ou para revisar e desenvolver teorias e explicações novas.
4. Analisar e interpretar dados
Investigações científicas produzem dados que devem ser analisados para obter significado. Como os dados geralmente não falam por si mesmos, os cientistas usam uma gama de ferramentas, como por exemplo - tabulação, interpretação gráfica, visualização e análise estatística - para identificar as características significativas e os padrões nos dados. Fontes de erro são identificadas e o grau de certeza calculado. A tecnologia torna a coleta de uma grande quantidade de dados muito mais fácil, fornecendo muitas fontes secundárias para análise.
5. Utilizar matemática e pensamento computacional
Na ciência, a matemática e a computação são ferramentas fundamentais para representar variáveis e seus relacionamentos. Estas são usadas para uma série de tarefas, como a construção de simulações, análise estatística dos dados e reconhecimento das relações quantitativas, por exemplo. Abordagens matemáticas e computacionais permitem previsões do comportamento de sistemas físicos, juntamente com a confirmação de tais previsões. Além disso, as técnicas estatísticas possuem valor inestimável para avaliar a significância dos padrões ou correlações.
6. Construir explicações
O objetivo da ciência é a construção de teorias que podem fornecer relatos explicativos de características do mundo. Uma teoria é aceita quando se demonstra ser superior a outras explicações acerca dos fenômenos. Explicações científicas são aplicações explícitas da teoria a uma situação específica ou a um fenômeno. O objetivo dos alunos é construir explicações coerentes e lógicas de fenômenos que incorporam sua compreensão atual da ciência, ou um modelo representativo consistente com a evidência disponível.
7. Envolver-se em argumentos a partir de evidências
Na ciência, o raciocínio e a argumentação são essenciais para identificar pontos fortes e fracos de uma linha de raciocínio e para encontrar a melhor explicação para um fenômeno natural. Os cientistas devem saber defender suas explicações, formular evidências fundamentadas em uma base sólida de dados, examinar a sua própria compreensão em vista das provas e comentários oferecidos por outros e colaborar com os colegas na busca da melhor explicação para o fenômeno investigado.
8. Obter, avaliar e comunicar informações
A ciência não pode avançar se os cientistas forem incapazes de comunicar claramente e persuasivamente suas descobertas, bem como aprender sobre os resultados de outras pessoas. Uma das principais práticas da ciência é, portanto, a comunicação de ideias e os resultados provenientes de um questionamento. Isto inclui informações orais, por escrito, em tabelas, diagramas, gráficos e equações. A ciência requer a capacidade de derivar significado de textos científicos (como jornais, internet, simpósios e palestras) para avaliar o conhecimento científico, sua validade e integrar essas informações.

Fonte: extraído e adaptado de NRC (2012, tradução nossa).

Além das discussões acerca de cada Prática Científica, o NRC (2012) estabelece uma lista de objetivos que os alunos deveriam cumprir em cada Prática Científica até o último ano do Ensino Médio. A estruturação também conta com uma seção intitulada “progressão”, na qual são realizadas sugestões sobre como trabalhar cada prática em diferentes anos da escola, de forma progressiva. Por exemplo, para a Prática 2 - Desenvolver e utilizar modelos, o NRC (2012) discute que

A modelagem pode começar nos primeiros anos, com os modelos dos alunos progredindo de “imagens” concretas e/ou modelos em escala física (por exemplo, um carro de brinquedo) para representações mais abstratas de relações relevantes em anos posteriores, como um diagrama representando as forças em um objeto específico de um sistema. Os estudantes devem usar diagramas, mapas e outros modelos abstratos como ferramentas que lhes permitem elaborar sobre suas próprias ideias ou descobertas e apresentá-las a outros alunos. Os estudantes devem ser encorajados a conceber representações gráficas simples e pictóricas dos resultados de suas investigações e usar esses modelos no desenvolvimento de suas explicações sobre o que ocorreu.

Modelos mais sofisticados devem ser cada vez mais utilizados ao longo dos anos, tanto em materiais de instrução como de currículo, à medida que os alunos progredem em sua educação científica. A qualidade dos modelos desenvolvidos pelos alunos será altamente dependente dos conhecimentos e habilidades prévios e também de sua compreensão do sistema que está sendo modelado, logo, os alunos deverão refinar seus modelos à medida que seu entendimento se desenvolve. Os currículos precisarão enfatizar o papel de modelos explicitamente e fornecer aos alunos ferramentas de modelagem (por exemplo, Model-It, modelagem baseada no agente, como NetLogo, modelos de planilha eletrônica), para que os alunos valorizem esta prática central e desenvolvam um nível de facilidade na construção e aplicação de modelos apropriados (NRC, 2012, p. 58-59, tradução nossa)¹².

“Progressões” como a destacada acima são apresentadas na estruturação para as oito práticas científicas. Apresentamos discussões mais detalhadas, em relação a cada Prática Científica, na sequência.

Em relação à PC1: Fazer perguntas, mesmo antes do Ensino Fundamental, as crianças precisam fazer perguntas sobre as coisas e pessoas ao seu redor. Ao desenvolverem e se envolverem com as Práticas Científicas, os alunos podem fazer perguntas bem elaboradas acerca do mundo natural e do mundo projetado pelo homem (BYBEE, 2011). Fazer perguntas (PC1) também pode auxiliar os alunos a começarem a entender a importância dos questionamentos na ciência e a refinar suas compreensões do que é considerada uma boa pergunta

¹² No texto original: “Modeling can begin in the earliest grades, with students’ models progressing from concrete “pictures” and/or physical scale models (e.g., a toy car) to more abstract representations of relevant relationships in later grades, such as a diagram representing forces on a particular object in a system. Students should be asked to use diagrams, maps, and other abstract models as tools that enable them to elaborate on their own ideas or findings and present them to others [15]. Young students should be encouraged to devise pictorial and simple graphical representations of the findings of their investigations and to use these models in developing their explanations of what occurred.

More sophisticated types of models should increasingly be used across the grades, both in instruction and curriculum materials, as students progress through their science education. The quality of a student-developed model will be highly dependent on prior knowledge and skill and also on the student’s understanding of the system being modeled, so students should be expected to refine their models as their understanding develops. Curricula will need to stress the role of models explicitly and provide students with modeling tools (e.g., Model-It, agentbased modeling such as NetLogo, spreadsheet models), so that students come to value this core practice and develop a level of facility in constructing and applying appropriate models.” (NRC, 2012, p. 58-59).

científica. Rosenshine, Meister e Chapman (1996) discutem que o ato de elaborar perguntas ajuda os alunos a avaliarem as ideias principais discutidas e a verificarem se compreenderam o conteúdo. Já Ford (2006) discute a importância e insuficiência de questionamentos nos livros didáticos, pois esses estão cheios de explicações, mas raramente deixam explícitas as perguntas que procuravam responder para chegarem a tais explicações. Assim, os questionamentos científicos são relevantes, pois evitam que o aluno adquira a percepção de que a ciência dá respostas para perguntas que nunca foram feitas (OSBORNE, 2014).

De acordo com o NRC (2012, p. 54), a Prática Científica de fazer perguntas (PC1) é importante para todos os alunos, mesmo os que não desejam se tornar cientistas ou engenheiros, pois “a habilidade de fazer perguntas bem definidas é um componente importante da literacia científica, a fim de tornar o sujeito um consumidor crítico do conhecimento científico”. Em relação à literacia científica, para Tenreiro-Vieira e Vieira (2013),

Com base numa revisão de literatura sobre literacia científica, a OCDE, no contexto do PISA, estabeleceu a sua própria definição de literacia científica (OCDE, 2000, 2003; Harlen, 2001, 2003). Nesse quadro, a literacia científica é definida como a capacidade de usar conhecimento científico para identificar questões e tirar conclusões baseadas em evidência com o propósito de compreender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo natural e as mudanças nele operadas por meio da actividade humana (TENREIRO-VIEIRA; VIEIRA, 2013, p. 171).

Considerando que o sujeito literado cientificamente possui a habilidade de fazer perguntas claras e bem definidas, esses questionamentos podem ser realizados pelos estudantes de qualquer ano escolar, seja em relação aos textos que leem, aos fenômenos que observam, as compreensões que possuem dos modelos estudados e os resultados de suas investigações. Logo, a aprendizagem em Ciências deverá desenvolver a habilidade dos alunos de questionar fenômenos estudados e não estudados na escola, bem como os encorajar a fazerem perguntas bem formuladas que podem ser testadas empiricamente (NRC, 2012).

Em relação à PC2: Desenvolver e utilizar modelos, a estruturação considera a PC2 relevante no ensino de Ciências, pois

Construir uma compreensão de modelos e seu papel na ciência auxilia os estudantes na construção e avaliação de modelos mentais dos fenômenos.

Melhores modelos levam a uma compreensão aprofundada da ciência e um raciocínio científico aprimorado (NRC, 2012, p. 56, tradução nossa)¹³.

Nos anos iniciais, a ideia de modelos pode ser introduzida por meio de figuras, diagramas, desenhos e modelos físicos simples, como de um avião ou de um carro e, em anos posteriores, podem ser utilizadas simulações e modelos conceituais para iniciar investigações ou formular explicações científicas de fenômenos (BYBEE, 2011). Modelos são importantes na Ciência, devido à necessidade de representação de fenômenos muito grandes, como o sistema solar e as fases da lua e/ou a representação de fenômenos muito pequenos, como a célula ou o próprio átomo (GILBERT; BOULTER, 2000 e HARRISON; TREAGUST, 2002).

Para Osborne (2014), outro ponto importante dessa Prática Científica é que seu objetivo não é apenas o de desenvolver uma compreensão dos conceitos da Ciência, mas de desenvolver uma forma de metaconhecimento sobre Ciência, ou seja, um conhecimento de aspectos específicos da Ciência e seu papel em contribuir para a forma como sabemos o que sabemos. Por exemplo, a construção de modelos ajuda os estudantes a compreenderem que o objetivo da Ciência não é a construção de uma imagem que descreve, com precisão, absolutamente todos os aspectos da natureza, mas um mapa que captura alguns aspectos melhor do que outros (OSBORNE, 2014). Isso corrobora a estruturação proposta pelo NRC (2012), que descreve a importância de discutir o modelo e os aspectos do fenômeno que esse trata com mais foco e os aspectos que o modelo minimiza ou obscurece, já que todos os modelos contêm aproximações, suposições e limitações que devem ser reconhecidas e discutidas com os alunos.

Em relação à PC3: Planejar e a realizar investigações, deve haver experiências constantes em salas de aula dos Ensinos Fundamental e Médio que promovem essa Prática (NRC, 2012). Ao longo dos anos, os alunos desenvolvem compreensões mais profundas e novas habilidades à medida que realizam diferentes investigações, utilizam diferentes tecnologias para coletar dados, dão maior atenção aos diferentes tipos de variáveis e esclarecem os contextos científicos das investigações (BYBEE, 2011). Apesar disso, ao investigarem turmas do oitavo ano, Watson, Swain e McRobbie (2004, p. 40) verificaram que a quantidade e a

¹³ No texto original: "Building an understanding of models and their role in science helps students to construct and revise mental models of phenomena. Better mental models, in turn, lead to a deeper understanding of science and enhanced scientific reasoning." (NRC, 2012, p. 56).

qualidade das discussões acerca dos resultados empíricos eram baixas, pois muitos consideravam a investigação científica como “aprender a executar um conjunto de procedimentos fixos”, que “poderiam ser usados repetidamente da mesma maneira em diferentes investigações”. Esse não é o objetivo da PC3 de acordo com a estruturação proposta.

Para o NRC (2012), realizar investigações requer a habilidade de planejar, ou até desenhar, uma experimentação ou observação capaz de responder a algum questionamento ou testar uma hipótese formulada pelos alunos. A realização de investigações demanda a identificação de variáveis relevantes, a escolha do tipo de observação, a tomada de medidas, o controle de variáveis e a tomada de decisões dos alunos sobre: Quais medidas devem ser tomadas? Qual é o nível de precisão requerida? E quais são os instrumentos necessários para realizar esta investigação? (NRC, 2012). Em todos os anos escolares, os alunos devem ter oportunidades para se envolverem em investigações que vão desde as estruturadas pelo professor - para expor um problema ou questão que dificilmente explorariam por conta própria, por exemplo, ou aquelas que emergem dos próprios questionamentos dos alunos (NRC, 2012).

Acerca da PC3: Planejar e a realizar investigações, o NRC discute que:

O planejamento e a concepção de investigações requer a capacidade de projetar investigações experimentais ou observacionais que sejam apropriadas para responder à pergunta que está sendo feita ou testar uma hipótese que foi formada. Este processo começa por meio da identificação das variáveis relevantes e a consideração de como estas podem ser observadas, medidas e controladas (limitado pelo design experimental para assumir valores particulares) (NRC, 2012, p. 59, tradução nossa)¹⁴.

O NRC também discute a importância do planejamento das investigações tanto para experimentos em laboratório como para observações em campo. É necessário que se defina quais variáveis serão tratadas como resultados, controladas e variadas em experimentos em laboratório. Similarmente, em observações, o planejamento necessita decidir o que pode ser controlado e como

¹⁴ No texto original: “Planning and designing such investigations require the ability to design experimental or observational inquiries that are appropriate to answering the question being asked or testing a hypothesis that has been formed. This process begins by identifying the relevant variables and considering how they might be observed, measured, and controlled (constrained by the experimental design to take particular values).” (NRC, 2012, p. 59).

coletar amostras de dados em condições diferentes, muitas vezes não controladas pelos investigadores (NRC, 2012).

Dessa forma, o entendimento de investigações presente na PC3: Planejar e realizar investigações do NRC pode ser relacionado ao conceito de *trabalho experimental* (TE), conforme Martins *et al.* (2007):

Quanto ao (TE), o termo aplica-se às actividades práticas onde há manipulação de variáveis: variação provocada nos valores da variável independente em estudo, medição dos valores alcançados pela variável dependente com ela relacionada, e controlo dos valores das outras variáveis independentes que não estão em situação de estudo (MARTINS *et al.*, p. 36, 2007).

Notamos que em ambas as discussões, tanto do NRC acerca da PC3 e de Martins *et al.* (2007) acerca do *trabalho experimental*, há uma grande ênfase na manipulação de variáveis e em situações em que o aluno está ativamente envolvido na realização de uma tarefa, a qual não precisa, necessariamente, ser de tipo laboratorial.

Em relação à PC4: Analisar e interpretar dados, essa Prática está comumente relacionada à PC3, pois, ao envolver os alunos em investigações, dados são produzidos. À primeira vista, os dados não expressam seus significados e, por isso, após serem coletados, os dados necessitam ser apresentados de uma forma que revelem padrões ou relações que permitam a comunicação dos resultados a outras pessoas (NRC, 2012). A análise e a interpretação de dados é uma das principais práticas em que os cientistas se envolvem, podendo ser realizadas por meio de tabulação, gráficos ou análises estatísticas. Os estudantes podem utilizar tabelas para resumir uma grande quantidade de dados de forma acessível, os gráficos para visualmente sintetizar os dados e a matemática para expressar relações entre os diferentes dados, por exemplo. Ferramentas digitais modernas também podem ser utilizadas para arranjar os dados de diferentes formas e promover o envolvimento dos alunos com as análises.

Conforme o NRC (2012), a análise auxilia os estudantes a extrair significados e identificarem sua relevância, para ser utilizada como evidência. Dessa forma, os alunos necessitam de oportunidades para analisarem grandes conjuntos de dados para identificar correlações; buscar padrões salientes; verificar se os dados condizem com suas hipóteses iniciais; reconhecer quando os dados estão em

conflito com suas expectativas; avaliar a força de uma conclusão deduzida por meio de um conjunto de dados e explorar relações entre variáveis. Osborne (2014) exemplifica essa prática científica (PC4) em um caso de alunos do sexto ano medindo o ponto de ebulição da água. Para Collins e Pinch (1993), o propósito de uma atividade como essa é considerada questionável se for utilizada para averiguar um valor que já foi determinado com muito mais precisão por outras pessoas. Como uma atividade para desenvolver facilidade de manuseio do termômetro, também tem pouco valor, já que é preciso pouca habilidade para ler um termômetro. Contudo, dado que as leituras dos alunos podem variar consideravelmente, pode-se questionar como essa incerteza pode ser resolvida; quais métodos poderiam ser utilizados e quais seriam apropriados nesse contexto (Osborne, 2014).

Em relação à PC5: Utilizar matemática e pensamento computacional, o NRC (2012, p. 65) discute que “aumentar a familiaridade dos alunos com o papel da matemática na ciência é fundamental para o desenvolvimento de uma maior compreensão de como a ciência funciona”. Por meio da matemática, variáveis podem ser representadas numericamente; relações entre entidades físicas podem ser representadas simbolicamente e resultados podem ser previstos. Estratégias e ferramentas como teorias computacionais, tecnologias computacionais, tecnologias da informação e algoritmos permitem que cientistas colem e analisem grandes conjuntos de dados, procurem padrões e identifiquem relações anteriormente impossíveis de serem realizadas manualmente (NRC, 2012). Métodos computacionais também permitem a representação visual de dados e permitem a exploração de padrões por meio de cálculos e simulações. Osborne (2014, p. 187) também discute a importância da PC5 na educação científica, já que “a matemática suporta a descrição do mundo material, permitindo uma representação sistemática que é a base da modelagem científica e a comunicação clara de significados”.

Dessa forma, a matemática e a computação se caracterizam como ferramentas comunicativas e estruturais valiosas nas práticas científicas desenvolvidas pelos cientistas. Nesse sentido, o NRC (2012) defende a integração da PC5 no ensino de Ciências ao longo dos anos escolares para que os estudantes utilizem as unidades apropriadas em fórmulas e gráficos; expressem relações e quantidades em formas matemáticas e algorítmicas; reconheçam que as simulações

são construídas com base em modelos matemáticos e analisem dados conforme suas compreensões de matemática e estatística.

Em relação à PC6: Construir explicações, o NRC (2012) destaca a importância de conhecer o papel de teorias, hipóteses e explicações científicas. “Teorias científicas são desenvolvidas para fornecer explicações a fim de esclarecer a natureza de fenômenos específicos, prever eventos futuros ou fazer inferências sobre eventos passados” (NRC, 2012, p. 67, tradução nossa). De acordo com o NRC (2012), o significado informal para a palavra “teoria” pode ser de uma suposição, porém esse não é o caso para teorias científicas, sobre as quais o NRC relata:

[...] teorias científicas são construções baseadas em corpos significativos de conhecimento e evidências, são revisadas em vista de novas evidências e devem suportar uma quantidade significativa de escrutínio por parte da comunidade científica antes de serem amplamente aceitas e aplicadas. Teorias não são meras suposições, e são especialmente valorizadas porque fornecem explicações para várias instâncias (NRC, 2012, p. 67, tradução nossa)¹⁵.

O documento também apresenta a importância de discutir o conceito de hipótese científica, que não é teoria ou suposição, mas uma explicação plausível para um fenômeno observado que pode prever o que ocorrerá em um dado momento. Essa é elaborada com base em compreensões teóricas já existentes e um modelo específico para o sistema. Já explicações científicas são relatos que estabelecem links entre a teoria científica e o fenômeno observado para explicar relações observadas entre variáveis e descrever os mecanismos que apoiam a realização de inferências (NRC, 2012).

Estudos realizados por diferentes autores (McRobbie & Thomas, 2001; Weiss *et al.*, 2003) reconhecem que, geralmente, os estudantes recebem muitas explicações fornecidas pelos professores, mas, raramente, são solicitados a construir explicações por si próprios. Porém, estudos na ciência cognitiva têm apresentado o valor da construção de explicações para a aprendizagem, como, por exemplo, Chi *et al.* (1994), os quais relatam que, ao envolver os estudantes na

¹⁵ No texto original: “[...] scientific theories are constructs based on significant bodies of knowledge and evidence, are revised in light of new evidence, and must withstand significant scrutiny by the scientific community before they are widely accepted and applied. Theories are not mere guesses, and they are especially valued because they provide explanations for multiple instances.” (NRC, 2012, p. 67).

elaboração de uma explicação, quando esses formulam uma explicação inadequada, leituras futuras produzirão uma contradição e um posterior conflito cognitivo. O resultado desse conflito irá demandar reflexão cognitiva por parte do aluno para a resolução ocorrer (OSBORNE, 2014).

Dessa forma, envolver os alunos em explicações científicas sobre o mundo a fim de ajudá-los a entender as ideias centrais que a ciência desenvolveu é um aspecto central da educação científica. Pedir aos alunos que demonstrem seu próprio entendimento das implicações de uma ideia científica, desenvolvendo suas próprias explicações dos fenômenos, seja com base nas suas próprias observações ou em modelos que eles desenvolveram, envolve-os em uma parte essencial do processo pelo qual a mudança conceitual pode ocorrer (NRC, 2012).

Os alunos devem possuir facilidade em construir explicações com base em seus modelos desenvolvidos ou as evidências disponíveis, pois esse é um aspecto essencial no processo de construção de suas próprias compreensões do fenômeno; no apreço pelo poder explicativo das teorias científicas que aprendem nas aulas e na aquisição de mais conhecimento do trabalho dos cientistas.

Em relação à PC7: Envolver-se em argumentos a partir de evidências, cientistas utilizam a argumentação e o raciocínio para justificar suas ideias, pois, na ciência, a produção de conhecimento depende de um processo de raciocínio que requer um cientista para fazer uma constatação justificada sobre o mundo. Em resposta a essa constatação justificada, outros cientistas tentam identificar os pontos fracos e as limitações de tal verificação (NRC, 2012). Os argumentos utilizados podem ser com base em deduções de premissas, em generalizações indutivas de padrões existentes, ou em inferências sobre a melhor explicação possível.

De acordo com Goldacre (2008) e Zimmerman *et al.* (2001), identificar “ciência ruim” que circula na mídia e utilizar a criticidade para avaliar a validade das notícias “científicas” é um requisito não só de cientistas, mas dos cidadãos. O processo de se tornar um consumidor crítico de ciência é fomentado por oportunidades de usar a crítica e avaliação para julgar os méritos de qualquer argumento cientificamente fundamentado. Assim, situações que envolvam essas oportunidades devem ser realizadas durante os anos escolares (NRC, 2012). De acordo com o NRC (2012),

Tradicionalmente, a Educação Básica em ciências tem prestado pouca atenção ao papel da crítica na ciência. No entanto, como todas as ideias na ciência são avaliadas em relação a explicações alternativas e em comparação com as evidências, a aceitação de uma explicação é, em última análise, uma avaliação de quais dados são confiáveis e relevantes e uma decisão sobre qual explicação é a mais satisfatória. Assim, saber por que a resposta errada está errada pode ajudar a garantir um entendimento mais profundo e forte de por que a resposta certa é a certa. Envolver-se na argumentação de evidências sobre uma explicação apoia os alunos na compreensão das razões e evidências empíricas para essa explicação, demonstrando que a ciência é um corpo de conhecimento baseado em evidências (NRC, 2012, p. 44, tradução nossa)¹⁶.

Assim, os estudantes devem construir argumentos científicos e mostrar de que forma os dados os apoiam; identificar possíveis fragilidades em argumentos científicos de outras pessoas; discutir o raciocínio e as evidências dos argumentos dos estudantes; reconhecer que as principais características dos argumentos científicos são dados, evidências e razões e saber distingui-los com exemplos.

As constatações em Ciências devem ser argumentadas, desde a ideia de que todos os objetos caem com a mesma aceleração (na ausência de resistência do ar) à ideia de que a mudança climática é um efeito antropogênico. Essas constatações requerem justificativas baseadas em um conjunto de dados e evidências (OSBORNE, 2014). Para Ford e Wargo (2011), solicitar aos alunos que se envolvam em argumentos demanda as competências cognitivas de ordens mais elevadas, como avaliação, síntese, comparação e contraste.

Em relação à PC8: Obter, avaliar e comunicar informações, ao contrário da visão popular do cientista, de que esse passa a maior parte do seu tempo “fazendo experimentos”, Tenopir e King (2004) verificaram que mais de 50% do tempo do cientista é direcionado à leitura e à escrita de ciência. Isso corrobora com as ideias de Lemke (1990) e Jetton e Shanahan (2012) de que a escrita e a argumentação são atividades centrais no fazer ciência. Para o NRC (2012), a literacia científica requer a habilidade de ler e compreender sua literatura.

¹⁶ No texto original: “Traditionally, K-12 science education has paid little attention to the role of critique in science. However, as all ideas in science are evaluated against alternative explanations and compared with evidence, acceptance of an explanation is ultimately an assessment of what data are reliable and relevant and a decision about which explanation is the most satisfactory. Thus knowing why the wrong answer is wrong can help secure a deeper and stronger understanding of why the right answer is right. Engaging in argumentation from evidence about an explanation supports students’ understanding of the reasons and empirical evidence for that explanation, demonstrating that science is a body of knowledge rooted in evidence.” (NRC, 2012, p. 44).

Apesar disso, mesmo quando os estudantes já possuem habilidades de leitura condizentes com seu ano escolar, muitos possuem dificuldades em ler ciência. O NRC (2012) destaca três motivos para isso: 1) o jargão da ciência é desconhecido para o aluno, com estruturas de sentenças complexas; 2) a leitura de textos científicos prioriza a extração de informações de forma exata, da qual o significado preciso de cada palavra é importante; e 3) textos científicos são multimodais, com uma mistura de palavras, diagramas, tabelas, símbolos e matemática.

Comunicar-se por meio da escrita ou da fala é outra Prática fundamental na ciência e requer que os cientistas descrevam suas observações com precisão e esclareçam seus pensamentos e justifiquem seus argumentos. Assim, é importante discutir a importância dessa Prática Científica com os estudantes, pois sem a obtenção, avaliação e comunicação das informações, a ciência não pode progredir (NRC, 2012). Por esse motivo, o NRC (2012) recomenda que os estudantes se envolvam em discussões críticas de textos; utilizem palavras, gráficos, tabelas e expressões matemáticas para comunicar seus achados ou questionar o que estudam; expliquem as ideias-chaves de textos científicos e realizem a leitura de textos científicos contendo gráficos, tabelas e diagramas.

Nesse sentido, nossa compreensão é de que as Práticas Científicas são as atividades desenvolvidas pelos cientistas para construir conhecimentos, teorias e modelos acerca do mundo. O engajamento nessas práticas permite aos alunos construir uma visão mais completa da ciência e do que o cientista realmente faz. Além disso, os alunos não só aprendem sobre a ciência, mas também possuem a oportunidade de participarem no “fazer” ciência.

3 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS E ANALÍTICOS

Neste capítulo, relatamos o percurso trilhado para realizar esta investigação e encontrar respostas para as questões levantadas.

Descrevemos os fundamentos de uma revisão bibliográfica sistemática e apresentamos um guia de oito etapas para a realização de uma revisão bibliográfica sistemática, conforme Okoli (2015). Na sequência, descrevemos como as etapas foram realizadas nesta pesquisa e indicamos o referencial analítico: a Análise de Conteúdo de Bardin (2011), bem como os encaminhamentos analíticos assumidos para a construção das categorias apresentadas na seção Resultados e Discussões. Ressaltamos que as categorias apresentadas neste estudo emergiram a partir da leitura e interpretação dos artigos selecionados.

3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

Conforme Fink (2005), a definição de uma revisão sistemática da literatura é: “um método sistemático, explícito, abrangente e reprodutível para identificar, avaliar e sintetizar o corpo existente de trabalhos concluídos e registrados produzidos por pesquisadores e estudiosos” (p. 3). Uma revisão rigorosa da literatura deve ser sistemática no sentido de seguir uma abordagem metodológica, explícita na elucidação dos procedimentos conduzidos, abrangente em seu escopo de incluir todo o material relevante e, portanto, reproduzível por outros pesquisadores que desejam seguir a mesma abordagem ao revisar o tema em questão.

Para uma revisão bibliográfica ser considerada sistemática, essa precisa ser explícita na descrição dos procedimentos seguidos, pois outros pesquisadores independentes realizando o mesmo processo poderiam chegar a resultados semelhantes. Os procedimentos descritos para uma revisão bibliográfica sistemática são especialmente relevantes para uma *Standalone Systematic Literature Review*, uma revisão bibliográfica sistemática independente, ou seja, um estudo em que o foco principal é a revisão bibliográfica sem que o autor colete ou analise dados primários (novos ou originais) (OKOLI, 2015).

Os procedimentos de uma revisão sistemática independente podem ser utilizados na escrita da “fundamentação teórica”, isto é, a seção de um artigo de

periódico que fornece os fundamentos teóricos e o contexto de um problema de pesquisa. Em um artigo, essa seção é mais comumente chamada de “revisão de literatura” ou “levantamento bibliográfico”. Um segundo tipo de produção que pode utilizar os procedimentos da revisão sistemática independente é a revisão de literatura como um capítulo de uma tese, que pode ser chamado de “revisão de literatura da tese”.

De acordo com Fink (2005), revisões sistemáticas podem ser realizadas a fim de descrever os conhecimentos disponíveis para a prática profissional, para identificar projetos e técnicas eficientes, para identificar especialistas em um determinado campo e identificar fontes não publicadas. Conforme Okoli (2015), a revisão bibliográfica sistemática independente também é diferenciada devido ao seu escopo e rigor metodológico. Essas revisões podem sumarizar resultados ou evidências existentes, identificar lacunas na pesquisa atual e providenciar uma estruturação para novas pesquisas (Okoli, 2015). Para Petticrew e Roberts (2006), essas revisões são importantes, pois podem informar ou assessorar políticas, bem como apoiar a prática.

Okoli (2015) destaca a importância da revisão bibliográfica independente para a comunidade científica, já que esta pode poupar uma grande quantidade de tempo e esforço de outros pesquisadores que desejam encontrar uma síntese de um grande *corpus* da literatura. Logo, a revisão bibliográfica sistemática deve assegurar a confiança de outros leitores. Vom Brocke *et al.* (2009) discutem que o processo de exclusão e inclusão de fontes deve ser realizado de forma transparente para garantir credibilidade ao leitor. Assim, outros pesquisadores poderão avaliar a exaustividade da revisão e utilizar os resultados em suas pesquisas. Okoli (2015) e Hart (1998) discutem que, ao realizar uma revisão, o pesquisador deve ser transparente sobre como escolheu o tema, porque ele foi escolhido e como a revisão fundamenta estudos posteriores.

Hart (1998) também discute a necessidade de criticidade na revisão, pois, conforme o autor, a revisão bibliográfica sistemática não pode ser apenas uma compilação, coleção ou resumo de outros estudos, mas deverá contribuir em dois sentidos, o de sintetizar o material disponível e de oferecer uma crítica acadêmica da teoria existente. De acordo com Okoli (2015), o rigor acadêmico só é alcançado ao completar ambas as funções.

Okoli (2015) considera a palavra “sistemática” no termo “revisão bibliográfica sistemática” como um adjetivo qualitativo. Um adjetivo qualitativo descreve a natureza de uma coisa de uma maneira que pode ser qualificada por “mais” ou menos”. Assim, podemos considerar uma revisão como mais sistemática, menos sistemática ou muito sistemática. Essa compreensão é relevante, pois, se consideramos a palavra “sistemática” como um adjetivo classificatório, criamos uma dicotomia entre revisões bibliográficas. Logo, ao falarmos de um revisão bibliográfica sistemática, referimo-nos a uma revisão bibliográfica que possui a intenção explícita de ser conduzida de forma sistemática (Okoli, 2015).

Okoli (2015) apresenta um guia (Quadro 2) para o desenvolvimento de uma revisão bibliográfica sistemática da literatura. São descritas, de forma detalhada, oito etapas para assegurar uma revisão bibliográfica rigorosa que resuma e discuta de forma abrangente a literatura existente.

Quadro 2 - Um guia de oito etapas para a realização de uma revisão bibliográfica sistemática

1) Identificar o objetivo
A primeira etapa de qualquer revisão requer que os revisores identifiquem claramente a finalidade da revisão e as metas pretendidas. Isso é necessário para que a revisão seja transparente para os leitores.
2) Elaborar o protocolo e instruir a equipe
Para qualquer revisão que empregue mais de um revisor, os revisores precisam ser claros e estarem em acordo com o procedimento que seguirão. Isso requer um protocolo escrito e detalhado, bem como uma instrução para que todos os revisores possuam consistência em como eles executarão a revisão.
3) Aplicar um filtro prático
Esta etapa também é chamada de triagem para inclusão. Esta etapa requer que os revisores sejam transparentes sobre quais estudos eles consideraram para revisão e quais eles eliminaram (uma parte muito necessária de qualquer revisão da literatura). Para os estudos excluídos, os revisores devem apresentar suas razões práticas para não considerá-los. Os revisores também devem justificar como a revisão continua abrangente, mesmo com as exclusões, considerando os critérios práticos de exclusão.
4) Buscar literatura
Os revisores precisam ser transparentes e claros ao descreverem os detalhes de busca por literatura e precisam explicar e justificar como eles asseguraram a abrangência da pesquisa.
5) Extrair dados
Após os revisores terem identificado todos os estudos que devem ser incluídos na revisão, é necessário extrair sistematicamente as informações aplicáveis de cada estudo.
6) Avaliar a qualidade
Esta etapa também é chamada de triagem para exclusão. Nesse momento, os revisores precisam explicar os critérios que foram utilizados para excluir documentos por qualidade insuficiente. Os pesquisadores devem classificar todos os trabalhos incluídos, de acordo com as metodologias de pesquisa ou outros critérios de sua escolha.
7) Sintetizar os estudos
Esta etapa também é conhecida como análise, e envolve combinar os fatos extraídos dos estudos usando técnicas apropriadas, sejam quantitativas, qualitativas ou ambas.
8) Escrever a Revisão
Além dos princípios padrões a serem seguidos na escrita de trabalhos de pesquisa, o processo de

uma revisão bibliográfica sistemática precisa ser relatado em detalhes suficientes para que outros pesquisadores possam reproduzir de forma independente os resultados da revisão.

Fonte: extraído e adaptado de Okoli (2015, tradução nossa)

3.2 PROCEDIMENTOS REALIZADOS

A presente pesquisa buscou realizar uma revisão bibliográfica sistemática de artigos envolvendo Práticas Científicas conforme as oito etapas previamente descritas por Okoli (2015).

No caso desta revisão, a etapa 1 consistiu na elaboração dos problemas de pesquisa e as justificativas para a realização dessa revisão, apresentados na Introdução. A etapa 2 consistiu na elaboração do protocolo para a revisão, ou seja, o cronograma das atividades de pesquisa (Quadro 3), bem como a escolha dos referenciais metodológicos e os referenciais analíticos.

Quadro 3 - Cronograma das atividades de pesquisa

Descrição da Atividade	Período da realização
Leitura de Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011).	03/2019 – 07/2019
Leitura de Referenciais Metodológicos (OKOLI, 2015).	03/2019 – 04/2019
Leitura de Referenciais Teóricos sobre Práticas Científicas (NRC, 2012).	01/2019 – 08/2019
Elaboração do Projeto de Pesquisa.	07/2019 - 08/2019
Aplicação do filtro prático.	08/2019 – 09/2019
Busca na literatura.	27/11/2019
Extração de dados dos artigos selecionados e Avaliação da qualidade dos artigos.	09/2019 – 10/2019
Elaboração de um Inventário contendo descrições do resumo, as palavras-chave, os objetivos da pesquisa, a questão de investigação, os participantes da pesquisa e as conclusões.	09/2019 – 11/2019
Síntese dos estudos. Realizar as análises e inferência de significados, buscando compreender a compreensão dos autores de Práticas Científicas.	10/2019 – 04/2020
A escrita da Dissertação (Revisão Bibliográfica Sistemática) deverá ser constante, concomitante à realização de outras etapas ou atividades do Mestrado.	10/2019 – 12/2020

Fonte: Os autores

Destacamos que o cronograma das atividades de pesquisa serviu como um primeiro roteiro dos procedimentos para a realização da revisão, porém, algumas atividades foram alteradas/realizadas em períodos diferentes devido a imprevistos ou ajustes. Dessa forma, não deve ser entendido como o único modelo de como a pesquisa foi feita, mas o primeiro protocolo elaborado no início do processo. Optamos por apresentar o cronograma das atividades de pesquisa na dissertação para os leitores poderem acompanhar os ajustes realizados na revisão

ao longo do tempo. Os procedimentos realizados, de fato, foram descritos na sequência.

A etapa 3 consistiu na aplicação dos filtros e a definição dos critérios de exclusão, enquanto a etapa 4 consistiu na busca pela literatura. Para essa revisão, realizou-se buscas em quatro bases de dados: ERIC¹⁷, Scielo¹⁸, Scopus¹⁹ e Web of Science²⁰. Para todas as bases, buscamos a expressão “scientific practice” e “science education” e selecionamos os seguintes filtros: artigos e artigos de revisão²¹; artigos de periódicos revisados por pares; artigos de livre acesso; artigos publicados nos últimos dez anos (2010-2019)²². Essa primeira busca gerou um total de 58 resultados. Do total, 27 resultados foram do ERIC; 1 resultado foi do Scielo; 19 resultados foram do Scopus; e 11 resultados foram do Web of Science.

Na etapa 5, para extrair sistematicamente as informações relevantes para a análise dos artigos, utilizamos o modelo de um inventário, o qual foi preenchido para cada um dos artigos a fim de possibilitar o mapeamento das suas características envolvendo Práticas Científicas no Ensino de Ciências, tal como seguido em outros estudos similares (SOUSA e VIEIRA, 2019; COSTA, OBARA e BROIETTI, 2020). O modelo do inventário utilizado é apresentado abaixo no Quadro 4.

Quadro 4 - Modelo de Inventário utilizado

Código	
Referência APA	
Instituição dos autores	
Periódico	
Método de pesquisa	
Objetivo(s)	
Nível de Ensino	
Área (Química, Física, Biologia)	
Utilização do termo Prática Científica	
Referenciais teóricos de Prática Científica	

Fonte: os autores

¹⁷ <https://eric.ed.gov>

¹⁸ <https://scielo.org>

¹⁹ <https://www.scopus.com/home.uri>

²⁰ <https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science>

²¹ Termo utilizado no Scopus e Web of Science para buscar artigos que resumem o estado atual de entendimento de um tópico.

²² Esse filtro não estava disponível no ERIC, logo, tivemos que filtrar esse critério manualmente.

Para preencher os inventários, foi necessário buscar o título de cada artigo no Google Scholar, a fim de encontrar a referência APA e, posteriormente, transcrevê-la no respectivo item do inventário; identificar e transcrever a instituição dos autores indicada em cada artigo; transcrever o nome do periódico em que cada artigo foi publicado; ler o resumo e/ou a metodologia a fim de identificar o método de pesquisa utilizado em cada artigo e transcrevê-lo no respectivo item do inventário; ler o resumo e/ou a introdução a fim de identificar os objetivos de cada artigo e transcrevê-los no inventário; ler o resumo e /ou a metodologia com o objetivo de identificar o nível de ensino investigado, bem como a área investigada e, em seguida, transcrevê-los no inventário.

O preenchimento dos dois últimos itens dos inventários (“Utilização do termo Prática Científica” e “Referenciais teóricos de Prática Científica”) demandou mais tempo. Destacamos que, para preencher o item “Utilização do termo Prática Científica”, buscamos a expressão “practice” no corpo do artigo, realizamos a leitura de todos os parágrafos que continham esse termo e transcrevemos esses fragmentos no inventário. Ressaltamos que buscamos por “practice”, pois esse termo também mostrou excertos do mesmo vocábulo no plural, “practices”, bem como a expressão em sua forma completa: “scientific practice”. Isso garantiu que transcrevêssemos todos os excertos que mencionavam a sentença Práticas Científicas no artigo. Esse procedimento foi utilizado para que pudéssemos identificar as compreensões expressas pelos autores acerca do termo Práticas Científicas e em quais contextos de pesquisa eles o utilizavam.

Para preencher o item “Referenciais teóricos de Prática Científica”, foi realizada a leitura do item “Utilização do termo Prática Científica” e transcritas todas as referências que o citaram. Na sequência, também buscamos pelo termo “scientific practice” nas referências bibliográficas dos artigos e transcrevemos as respectivas referências. Esse procedimento garantiu que transcrevêssemos referências de Prática Científica que tinham e não tinham o termo no título.

Na etapa 6, para avaliar a qualidade dos inventários, realizamos uma primeira leitura. Nesse processo, 14 artigos foram excluídos, conforme os seguintes critérios de exclusão: artigos que não pertenciam à área de Ensino de Ciências; artigos sem menções ao termo Práticas Científicas; artigos duplicados entre as bases de dados consultadas; artigos que não foram publicados em periódicos e artigos que não estavam disponíveis em Inglês, Português ou

Espanhol²³. Os motivos específicos para cada uma das 14 exclusões estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Artigos excluídos e os respectivos motivos

Título do artigo	Motivo
Foreign Literature at the Lessons of Individual Reading: Contemporary Methods of Phraseological Units Teaching	Excluído por ser da área de Ensino de Idiomas e Literatura Estrangeira.
Professional Support for Families in Difficult Life Situations	Excluído por ser da área de Serviço Social.
The Formation of Students' Creative Independence at the English Language Classes	Excluído por ser da área de Ensino de Inglês.
Teachers' Sense of Efficacy: A Challenge for Professional Development toward Teaching Science as Inquiry	Excluído por não haver menção ao termo <i>scientific practice</i> .
Analysis of inquiry activities in high school chemistry II textbooks based on the 2009 revised science curriculum: Focus on 8 science practices	Excluído por estar em Koreano.
CLIPS (Communication Learning in Practice for Scientists): A New Online Resource Leverages Assessment to Help Students and Academics Improve Science Communication	Excluído por ter sido duplicado no Scopus e Web of Science.
Conceptions of Good Science in Our Data-Rich World	Excluído por ter sido duplicado no Scopus e Web of Science.
Science teachers' views of scientific argumentation [Fen bilgisi öğretmenlerinin argümantasyonu yönelik görüşleri]	Excluído por estar em turco.
Science Teachers' Views of Scientific Argumentation	Excluído por ter sido duplicado no Scopus e Web of Science.
High school students' evaluations, plausibility (re) appraisals, and knowledge about topics in Earth science	Excluído por ter sido duplicado no Scopus e Web of Science.
Developing a learning progression for three-dimensional learning of the patterns of evolution	Excluído por ter sido duplicado no Scopus e Web of Science.
Vaunting the independent amateur: Scientific American and the representation of lay scientists	Excluído por ser da área de História da Ciência e investigar como a representações da mídia têm encorajado participantes da ciência e tecnologia, não traçando relações com a área de Ensino de Ciências ou <i>Science Education</i> .
Different definitions for the idea of modeling in science education	Excluído por ter sido duplicado no Scopus e Web of Science.
It Is Time to Say What We Mean	Excluído por ser um editorial e não um artigo.

Fonte: os autores

Dessa forma, o *corpus* de nossa pesquisa foi composto pelos inventários de 44 artigos. A partir do exposto, é notável que o preenchimento e avaliação dos inventários demandou um extenso período de tempo, pois esses, dos 44 artigos analisados, totalizaram 81 páginas.

²³ Idiomas que o autor possui conhecimento.

Apresentamos, no Quadro 6, a codificação dos 44 artigos analisados na pesquisa. A primeira coluna corresponde ao código e a segunda coluna à referência bibliográfica do artigo. Os artigos foram codificados conforme sua sequência de apresentação nas Bases de dados e não de forma cronológica.

Quadro 6 - Codificação dos 44 artigos revistos nessa pesquisa

Código	Artigo
A01	HOUSEAL, A. K. A Visual Representation of Three Dimensional Learning: A Model for Understanding the Power of the Framework and the NGSS. Electronic Journal of Science Education , v. 20, n. 9, p. 1-7, 2016.
A02	VALENTI, S. S.; MASNICK, A. M.; COX, B. D.; OSMAN, C. J. Adolescents' and Emerging Adults' Implicit Attitudes about STEM Careers: "Science Is Not Creative". Science Education International , v. 27, n. 1, p. 40-58, 2016.
A03	ROSENBERG, J. M.; LAWSON, M. A. An investigation of students' use of a computational science simulation in an online high school physics class. Education Sciences , v. 9, n. 1, 2019.
A04	RODRIGUEZ, B.; JARAMILLO, V.; WOLF, V.; BAUTISTA, E.; PORTILLO, J.; BROUKE, A.; MIN, A.; MELENDEZ, A.; AMANN, PENNA-FRANCESCH, A.; ASHCROFT, J. Contextualizing technology in the classroom via remote access: using space exploration themes and scanning electron microscopy as tools to promote engagement in geology/chemistry experiments. JOTSE: Journal of technology and science education , v. 8, n. 1, p. 86-95, 2018.
A05	NICOLAOU, C. Elementary School Students' Emotions When Exploring an Authentic Socio-Scientific Issue through the Use of Models. Science Education International , v. 26, n. 2, p. 240-259, 2015.
A06	VICK, M. E.; GARVEY, M. P. Environmental Science and Engineering Merit Badges: An Exploratory Case Study of a Non-Formal Science Education Program and the US Scientific and Engineering Practices. International Journal of Environmental and Science Education , v. 11, n. 18, p. 11675-11698, 2016.
A07	BUXNER, S. R. Exploring how research experiences for teachers changes their understandings of the nature of science and scientific inquiry. Journal of Astronomy & Earth Sciences Education (JAESE) , v. 1, n. 1, p. 53-68, 2014.
A08	LUNDE, T.; RUNDGREN, S. N. C.; DRECHSLER, M. Exploring the negotiation of the meaning of laboratory work in a continuous professional development program for lower secondary teachers. Electronic Journal of Science Education , v. 20, n. 8, p. 26-48, 2016.
A09	BUCK, G. A.; AKERSON, V. L.; QUIGLEY, C. F.; WEILAND, I. S. Exploring the Potential of Using Explicit Reflective Instruction through Contextualized and Decontextualized Approaches to Teach First-Grade African American Girls the Practices of Science. Electronic Journal of Science Education , v. 18, n. 6, 2014.
A10	GUNNING, A. M.; MARRERO, M. E.; MORELL, Z. Family Learning Opportunities in Engineering and Science. Electronic Journal of Science Education , v. 20, n. 7, p. 1-25, 2016.
A11	PALMA, C.; PLUMMER, J.; RUBIN, K.; FLAREND, A.; ONG, Y. S.; MCDONALD, S.; GHENT, C.; GLEASON, T.; FURMAN, T. Have Astronauts Visited Neptune? Student Ideas about How Scientists Study the Solar System. Journal of Astronomy & Earth Sciences Education , v. 4, n. 1, p. 63-74, 2017.
A12	TRACTENBERG, R. E. How the Mastery Rubric for Statistical Literacy can generate actionable evidence about statistical and quantitative learning outcomes. Education Sciences , v. 7, n. 1, 2017.
A13	RIEDINGER, K.; TAYLOR, A. "I Could See Myself as a Scientist": The Potential of Out-of-School Time Programs to Influence Girls' Identities in Science. Afterschool Matters , v. 23, n. 1-7, 2016.
A14	AYAR, M. C.; YALVAC, B. Lessons learned: authenticity, interdisciplinarity, and mentoring for STEM learning environments. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology , v. 4, n. 1, p. 30-43, 2016.

A15	BROWNSTEIN, E. M.; HORVATH, L. Next Generation Science Standards and edTPA: Evidence of Science and Engineering Practices. Electronic Journal of Science Education , v. 20, n. 4, p. 44-62, 2016.
A16	BARDEEN, M.; WAYNE, M.; YOUNG, M. J. Quarknet: A unique and transformative physics education program. Education Sciences , v. 8, n. 1, p. 1-10, 2018.
A17	KOOMEN, M. H.; BLAIR, R.; YOUNG-ISEBRAND, E.; OBERHAUSER, K. S. Science professional development with teachers: Nurturing the scientist within. Electronic Journal of Science Education , v. 18, n. 6, p. 1-28, 2014.
A18	BOGAR, Y. Synthesis Study on Argumentation in Science Education. International Education Studies , v. 12, n. 9, p. 1-14, 2019.
A19	ENGELS, M.; MILLER, B.; SQUIRES, A.; JENNEWEIN, J. S.; EITEL, K. The Confluence Approach: Developing scientific literacy through project-based learning and place-based education in the context of NGSS. Electronic Journal of Science Education , v. 23, n. 3, p. 33-58, 2019.
A20	GOTWALS, A. W.; HOKAYEM, H.; SONG, T.; SONGER, N. B. The Role of Disciplinary Core Ideas and Practices in the Complexity of Large-Scale Assessment Items. Electronic Journal of Science Education , v. 17, n. 1, p. 1-24, 2013.
A21	CARPENTER, S. L. Undergraduates' perceived gains and ideas about teaching and learning science from participating in science education outreach programs. Journal of Higher Education Outreach and Engagement , v. 19, n. 3, p. 113-146, 2015.
A22	ERENLER, S.; CETIN, P. S. Utilizing Argument-Driven-Inquiry to Develop Pre-Service Teachers' Metacognitive Awareness and Writing Skills. International Journal of Research in Education and Science , v. 5, n. 2, p. 628-638, 2019.
A23	IWUANYANWU, P. N. What We Teach in Science, and What Learners Learn: A Gap That Needs Bridging. Pedagogical Research , v. 4, n. 2, p. 1-12, 2019.
A24	BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; & DA SILVEIRA, F. L. Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la física. Revista electrónica de investigación en educación en ciencias , v. 6, n. 1, p. 43-61, 2011.
A25	UNDERWOOD, S. M.; POSEY, L. A.; HERRINGTON, D. G.; CARMEL, J. H.; COOPER, M. M. Adapting assessment tasks to support three-dimensional learning. Journal of Chemical Education , v. 95, n. 2, p. 207-217, 2018.
A26	REED, J. J.; BRANDRIET, A. R.; HOLME, T. A. Analyzing the role of science practices in ACS exam items. Journal of Chemical Education , v. 94, n. 1, p. 3-10, 2017.
A27	BARCELLOS, L., S.; COELHO, G. R. Uma Análise das Interações Discursivas em uma Aula Investigativa de Ciências nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental Sobre Medidas Protetivas Contra a Exposição ao Sol. Investigações em Ensino de Ciências , v. 24, n. 1, p. 179-199, 2019.
A28	ROWLAND, S.; HARDY, J.; COLTHORPE, K.; PEDWELL, R.; KUCHEL, L. CLIPS (Communication Learning in Practice for Scientists): A New Online Resource Leverages Assessment to Help Students and Academics Improve Science Communication. Journal of microbiology & biology education , v. 19, n. 1, p. 1-4, 2018.
A29	ELLIOTT, K. C.; CHERUVELIL, K. S.; MONTGOMERY, G. M.; SORANNO, P. A. Conceptions of good science in our data-rich world. BioScience , v. 66, n. 10, p. 880-889, 2016.
A30	BOISSELLE, L. N. Decolonizing science and science education in a postcolonial space (Trinidad, a developing Caribbean nation, illustrates). Sage Open , v. 6, n. 1, p. 1-11, 2016.
A31	ODDEN, T. O. B.; RUSS, R. S. Defining sensemaking: Bringing clarity to a fragmented theoretical construct. Science Education , v. 103, p. 187-205, 2019.
A32	PRINS, G. T.; BULTE, A. M.; PILOT, A. Designing context-based teaching materials by transforming authentic scientific modelling practices in chemistry. International Journal of Science Education , v. 40, n. 10, p. 1108-1135, 2018.
A33	OLIVA, J. M. Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las ciencias , v. 37, n. 2, p. 5-24, 2019.
A34	LÓPEZ, V.; GRIMALT-ÁLVARO, C.; COUSO, D. ¿Cómo ayuda la Pizarra Digital Interactiva (PDI) a la hora de promover prácticas de indagación y modelización en el aula de ciencias?. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias , v. 15, n. 3, p. 330201-330215, 2018.

A35	SCALISE, K.; CLARKE-MIDURA, J. The many faces of scientific inquiry: Effectively measuring what students do and not only what they say. Journal of Research in Science Teaching , v. 55, n. 10, p. 1469-1496, 2018.
A36	EVAGOROU, M.; ERDURAN, S.; MÄNTYLÄ, T. The role of visual representations in scientific practices: from conceptual understanding and knowledge generation to 'seeing' how science works. International Journal of STEM Education , v. 2, n. 11. p. 1-13, 2015.
A37	KOOMEN, M. H.; RODRIGUEZ, E.; HOFFMAN, A.; PETERSEN, C.; OBERHAUSER, K. Authentic science with citizen science and student-driven science fair projects. Science Education , v. 102, n. 3, p. 593-644, 2018.
A38	BIEREMA, A. M. K., SCHWARZ, C. V., & STOLTZFUS, J. R. Engaging undergraduate biology students in scientific modeling: Analysis of group interactions, sense-making, and justification. CBE—Life Sciences Education , v. 16, n. 4, p. 1-16, 2017.
A39	BARGIELA, I. M.; MAURIZ, B. P.; ANAYA, P. B. Las prácticas científicas en infantil: una aproximación al análisis del currículo y planes de formación del profesorado de Galicia. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas , v. 36, n. 1, p. 7-23, 2018.
A40	KIND, P.; OSBORNE, J. Styles of scientific reasoning: A cultural rationale for science education. Science Education , v. 101, n. 1, p. 8-31, 2017.
A41	ROBERTS, R.; JOHNSON, P. Understanding the quality of data: a concept map for 'the thinking behind the doing' in scientific practice. The Curriculum Journal , v. 26, n. 3, p. 345-369, (2015).
A42	DUNLOP, L.; VENEU, F. Controversies in Science. Science & Education , v. 28, n. 6, p. 689-710, 2019.
A43	LOMBARDI, D.; BICKEL, E. S.; BAILEY, J. M.; BURRELL, S. High school students' evaluations, plausibility (re)appraisals, and knowledge about topics in Earth science. Science Education , v. 102, n. 1, p. 153-177, 2018.
A44	WYNER, Y.; DOHERTY, J. H. Developing a learning progression for three-dimensional learning of the patterns of evolution. Science Education , v. 101, n. 5, p. 787-817, 2017.

Fonte: os autores

Para realizar a etapa 7, Okoli (2015) recomenda o uso de técnicas apropriadas, sejam essas qualitativas ou quantitativas. Na presente pesquisa, foi utilizada a Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011). Na seção a seguir, discutimos a Análise de Conteúdo em maiores detalhes e as razões pelas quais essa técnica foi selecionada para esta revisão.

3.3 ANÁLISE DE CONTEÚDO

Para Bardin (2011),

A análise de conteúdo é um *conjunto de técnicas de análise das comunicações*. Não se trata de um instrumento, mas de um leque de apetrechos; ou, com maior rigor, será um único instrumento, mas marcado por uma grande disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicação muito vasto: as comunicações (BARDIN, 2011, p. 37, grifo da autora).

Bardin (2011) também discute a existência de correspondências entre as estruturas semânticas ou linguísticas e as estruturas psicológicas ou sociológicas do texto. Essas, conforme a autora, são determinantes nas características dos textos analisados. Assim, Bardin (2011) designa o termo de *Análise de Conteúdo* como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48, grifo da autora).

Bardin (2011) ainda discute a relevância do termo “condições de produção” e as diversas variáveis que essas contemplam:

O termo *condições de produção* é suficientemente vago para permitir possibilidades de inferência muito variadas: variáveis psicológicas do indivíduo emissor, variáveis sociológicas e culturais, variáveis relativas à situação de comunicação ou do contexto de produção da mensagem (BARDIN, 2011, p. 46, grifo do autora).

Dessa forma, na *Análise de Conteúdo*, a partir do tratamento das mensagens que o analista manipula, esse infere conhecimento sobre o emissor da mensagem ou do meio. A organização da *Análise de Conteúdo* se estrutura em três etapas: 1) *A pré análise*; 2) *A exploração do material*; 3) *O tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação*.

A *pré análise* é a etapa da organização propriamente dita, com o objetivo de sistematizar as ideias iniciais e tornar o material operacional. Essa etapa inclui a leitura flutuante, ou seja, o estabelecimento de contato com o material, momento em que se começa a conhecer o texto, a escolha dos documentos, a formulação das hipóteses e objetivos, a referenciação dos índices/elaboração de indicadores, que envolve determinar indicadores por meio de recortes no material de análise e a preparação do material (BARDIN, 2011). Nesta pesquisa, a *pré análise* compreendeu o primeiro contato com os artigos, isto é, a primeira leitura, bem como a extração das informações necessárias de cada artigo para preencher os inventários, já explicado anteriormente.

A *exploração do material* pode ser descrita como a administração sistemática das decisões tomadas anteriormente. Essa etapa, considerada longa e fastidiosa, pela autora, consiste de operações de codificação e enumeração em

função de regras previamente formuladas. Essa etapa requer um estudo orientado pelas hipóteses e referenciais teóricos e inclui a codificação, a classificação e a categorização (BARDIN, 2011). A codificação corresponde a uma transformação, como recorte, agregação e enumeração, para atingir uma representação do conteúdo ou da sua expressão. Após a codificação, ocorre a categorização, que, conforme Bardin,

[...] é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o género (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registo, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efectuado em razão dos caracteres comuns destes elementos (BARDIN, 1977, p. 117).

Nesta pesquisa, a *exploração do material* consistiu da codificação dos artigos de A01-A44; o agrupamento dos artigos conforme características similares das publicações (conforme descrito no subcapítulo 4.1); o agrupamento dos artigos conforme compreensões similares para o termo Prática Científica (de acordo com o subcapítulo 4.3) e a categorização dos artigos segundo os contextos de pesquisa (exposto no subcapítulo 4.5). Apresentamos os resultados desses processos na seção de Resultados e Discussões desta dissertação.

Finalmente, durante *O tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação*, o analista deve propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos (BARDIN, 2011). Neste estudo, essa etapa consistiu em apresentar os resultados das categorizações e similaridades encontradas entre os artigos envolvendo Práticas Científicas no Ensino de Ciências, assim como a discussão dos resultados. Apresentamos as interpretações e inferências realizadas no que diz respeito às características (subcapítulo 4.2); compreensões (subcapítulo 4.4) e contextos (sub-subcapítulo 4.5.7), na seção de Resultados e Discussões.

Dessa forma, a etapa 7 de Okoli (2015) envolveu as três etapas da Análise de Conteúdo de Bardin (2011). A última etapa de Okoli (2015), etapa 8, consistiu na escrita da presente revisão, em que buscamos sintetizar o material disponível e oferecer uma crítica acadêmica dos estudos analisados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, apresentamos os artigos analisados nesta pesquisa e respondemos cada uma das perguntas de pesquisa: I) Quais são as características das publicações envolvendo Práticas Científicas? II) Quais são as compreensões acerca das Práticas Científicas expressas nas publicações? III) Em quais contextos os autores realizaram pesquisas envolvendo Práticas Científicas? Na sequência, traçamos uma análise crítica acerca das características, compreensões e contextos encontrados.

A seguir, apresentamos os resultados e discussões de nossas análises subdivididas em três seções correspondentes a cada uma das questões de pesquisa propostas para esta pesquisa. As discussões nesta seção foram realizadas utilizando os códigos dos artigos (Quadro 6).

4.1 QUAIS SÃO AS CARACTERÍSTICAS DAS PUBLICAÇÕES ENVOLVENDO PRÁTICAS CIENTÍFICAS?

Quando nos referimos às características das publicações, focamos nossas análises nos seguintes aspectos: autores, instituições, continentes, países, período de publicação, métodos, níveis de ensino, áreas de conhecimento, periódicos, e principais referenciais. Em seguida, realizamos a apresentação das características encontradas conforme a ordem dos itens do inventário.

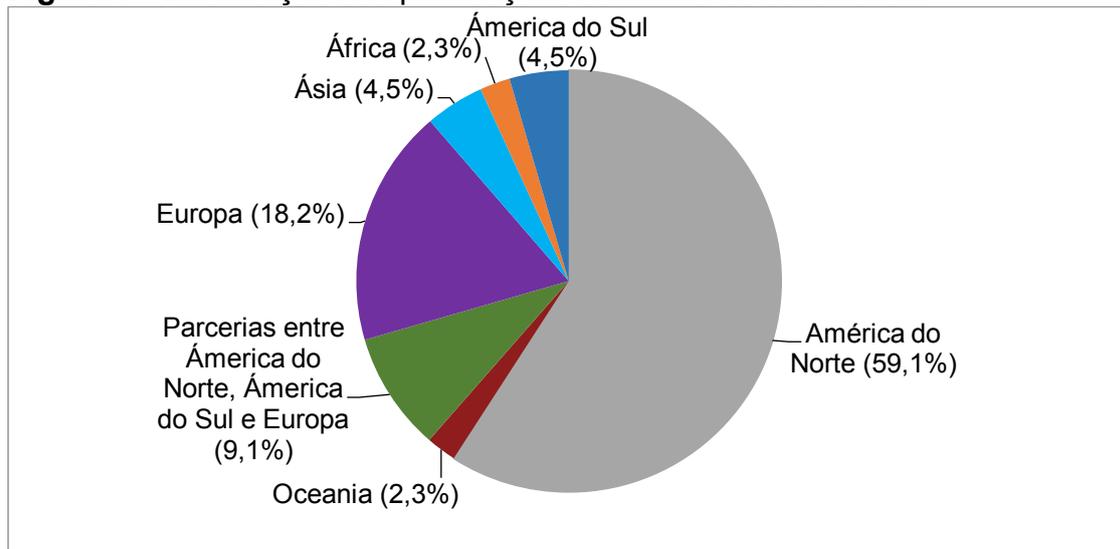
Em relação aos autores que publicaram artigos envolvendo Práticas Científicas, buscávamos identificar autores mais proeminentes nas pesquisas envolvendo Práticas Científicas no Ensino de Ciências. Não encontramos um único autor com uma grande quantidade de publicações, porém destacamos: Michele Hollingsworth Koomen (A17 e A37) e Karen Suzanne Oberhauser (A17 e A37), cada uma com 2 artigos. Os demais autores apresentaram apenas 1 artigo no *corpus*.

Quanto às instituições que mais publicaram artigos envolvendo Práticas Científicas, evidenciamos a Michigan State University, dos Estados Unidos, que contribuiu com 4 artigos (9,1%) e, em seguida, a University of Wisconsin, dos Estados Unidos, com 3 artigos (6,8%). A Pennsylvania State University, dos Estados Unidos; a University of Nicosia, do Chipre; a Gustavus Adolphus College, dos

Estados Unidos e a Durham University, dos Estados Unidos, constam em 2 artigos (4,5%) cada.

Relativamente aos continentes das publicações, notamos que 26 artigos (59,1%) foram de instituições da América do Norte, sendo o continente com a maior quantidade de publicações. Apesar disso, identificamos 14 artigos (31,8%) de outros países, da Europa, Ásia, África, América do Sul e Oceania. Quatro artigos (9,1%) foram parcerias entre países diferentes da América do Norte, América do Sul e Europa. Consideramos essas porcentagens relevantes, pois apesar do conceito de Práticas Científicas ser especialmente proeminente em documentos norteadores dos Estados Unidos (NRC, 2012), esse tem sido um tema muito pesquisado em outros países também. Apresentamos um gráfico, na Figura 1, para facilitar a visualização da distribuição das publicações conforme os continentes.

Figura 1 - Distribuição das publicações conforme os continentes



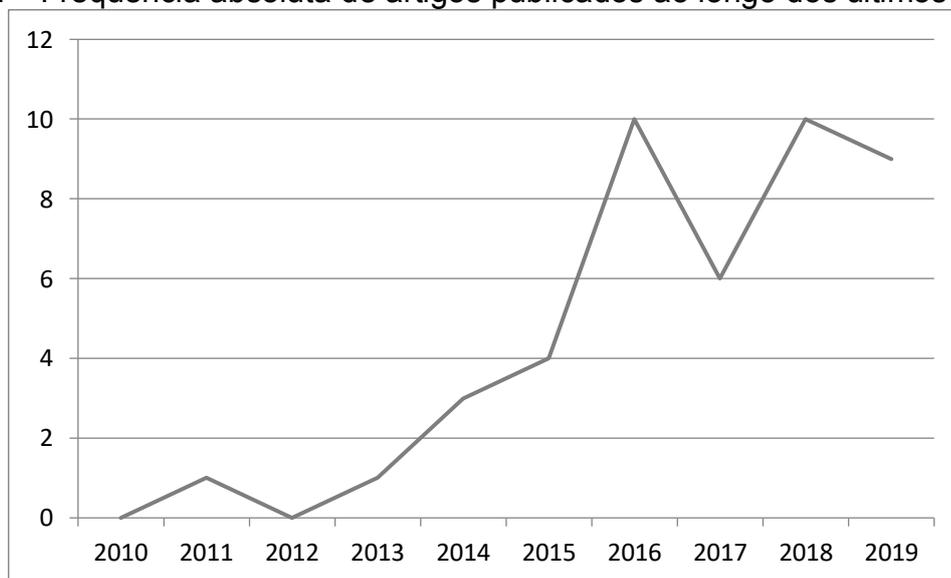
Fonte: os autores

Em relação aos países das publicações, 26 artigos (59,1%) foram dos Estados Unidos; 3 artigos (6,8%) foram da Espanha; 2 artigos (4,5%) da Inglaterra; 2 artigos (4,5%) do Brasil e 2 artigos (4,5%) da Turquia. Os seguintes países também constaram em 1 artigo cada: Holanda, Austrália, África do Sul, Chipre e Suécia, correspondendo a 2,3% cada um. Publicações de colaborações entre diferentes países também foram verificadas. Notamos 1 artigo (2,3%) da Noruega em conjunto com os Estados Unidos; 1 artigo (2,3%) dos Estados Unidos

em conjunto com o Brasil; 1 artigo (2,3%) da Inglaterra em conjunto os Estados Unidos; e 1 artigo (2,3%) do Chipre em conjunto com a Finlândia.

Em relação ao número de artigos publicados e o período de publicação, apresentamos a Figura 2. Notamos que nenhum artigo foi publicado em 2010; 1 artigo teve publicação (2,3%) em 2011; nenhum artigo em 2012; 1 artigo (2,3%) em 2013; 3 artigos (6,8%) em 2014; 4 artigos (9,1%) em 2015; 10 artigos (22,7%) em 2016; 6 artigos (13,6%) em 2017; 10 artigos (22,7%) em 2018 e 9 artigos (20,5%) em 2019. Destacamos os anos de 2016 e 2018 com a maior quantidade de publicações envolvendo o tema Práticas Científicas, com 20 artigos (45,4%) publicados nesses anos. A partir da Figura 2, percebemos que há um crescente interesse por pesquisas envolvendo Práticas Científicas nos últimos anos, principalmente a partir da segunda metade da década, já que 39 artigos (89%) foram publicados entre 2015-2019. Consideramos que os documentos NRC (2012) e NGSS (2013) contribuíram para o aumento do interesse por esse tema.

Figura 2 – Frequência absoluta de artigos publicados ao longo dos últimos 10 anos



Fonte: os autores

Em relação aos métodos de pesquisa utilizados nas publicações, identificamos 11 grupos, organizados no Quadro 7. Enfatizamos que os métodos de pesquisa apresentados nesse quadro foram transcritos a partir do que os autores assumiram nos artigos analisados. Quando referências foram mencionadas pelos autores, essas foram também indicadas. Alguns artigos teóricos não mencionaram o

nome do método de pesquisa, porém realizaram uma discussão de natureza teórica, logo, foram alocados ao grupo “Pesquisa teórica”.

Quadro 7 - Métodos de pesquisa dos artigos

Método	Quantidade de artigos (porcentagem)
Não especificado	14 (31,8%)
Pesquisa qualitativa (Merriam, 2009; Denzin & Lincoln, 2011; Creswell, 2003).	7 (15,9%)
Estudo de caso (Yin, 2009; Yin, 2014)	2 (4,5%)
Estudo de pesquisa-ação participativa (Kemmis & McTaggart, 2000)	1 (2,3%)
Abordagem de estudo de caso coletivo	1 (2,3%)
Pesquisa de métodos mistos (Creswell & Plano Clark, 2007; Burke y Onwuegbuzie, 2004)	4 (9,1%)
Pesquisa qualitativa e de caráter interventiva	1 (2,3%)
Design iterativo	1 (2,3%)
Pesquisa teórica	11 (25%)
Revisão da literatura	1 (2,3%)
Design de pré/pós-teste de grupo único (Gay & Airasian, 2000)	1 (2,3%)

Fonte: os autores

Notamos que os métodos de pesquisa mais utilizados foram: pesquisa teórica (25%); pesquisa qualitativa (15,9%) e pesquisa de métodos mistos (9,1%). Destacamos que uma grande parte dos artigos (31,8%) não mencionou com clareza o método utilizado. Na maioria das vezes, apenas descreveram as etapas realizadas e relataram as ferramentas utilizadas. Quando esses artigos realizaram uma discussão de natureza teórica, sem resultados empíricos, foram alocados no grupo “Pesquisa teórica”. Quando esses artigos realizaram pesquisas com resultados empíricos e não especificaram o método de pesquisa utilizado, foram dispostos no grupo “Não especificado”.

Em relação aos níveis de ensino investigados, foram identificados 13 grupos (Quadro 8). Salientamos que os níveis educacionais apresentados foram organizados de acordo com a divisão do sistema educacional brasileiro. Assim, os termos apresentados diferentemente nos artigos internacionais foram convertidos para manter o padrão.

Quadro 8 - Níveis de ensino emergentes dos artigos

Nível de ensino	Quantidade de artigos (porcentagem)
Educação Infantil (<6 anos)	2 (4,5%)
Anos iniciais do Ensino Fundamental (1º-5º ano)	2 (4,5%)
Anos finais do Ensino Fundamental (6º-9º ano)	5 (11,4%)
Ensino Fundamental e Ensino Médio	1 (2,3%)
Ensino Médio	3 (6,8%)
Ensino Médio e Ensino Superior	1 (2,3%)

Pré Universidade ²⁴	1 (2,3%)
Graduação	4 (9,1%)
Licenciatura	1 (2,3%)
Não especificado	14 (31,8%)
Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio (K-12)	3 (6,8%)
Professores em serviço	6 (13,6%)
Ensino Fundamental, Graduação e Pós Graduação	1 (2,3%)

Fonte: os autores

Observamos que 14 artigos (31,8%) não especificaram o nível de ensino investigado, sendo que muitos dos artigos desse grupo apresentam natureza teórica. Também notamos que muitos artigos investigaram os professores em serviço (13,6%); os anos finais do Ensino Fundamental (11,4%) e a Graduação (9,1%). Por outro lado, apenas 1 artigo (2,3%) averiguou licenciandos, sendo esse dado relevante, pois o ensino de Ciências apoiado nas Práticas Científicas é mais facilmente promovido com uma instrução intencional na formação inicial dos professores (NRC, 2013; NRC, 2012).

Quanto às áreas de conhecimento, foram identificados 14 grupos (Quadro 9).

Quadro 9 - Áreas de conhecimento emergentes dos artigos

Área	Quantidade de artigos (porcentagem)
Ciências	25 (56,8%)
Física	3 (6,8%)
Não especificado	1 (2,3%)
Astronomia	1 (2,3%)
Astronomia e Ciências	1 (2,3%)
Ciência ambiental	1 (2,3%)
Geologia e Química	1 (2,3%)
Ciências Físicas e Biologia	1 (2,3%)
Física, Biologia e Química	2 (4,5%)
Biologia	3 (6,8%)
Ciências, Biologia, Física e Química	1 (2,3%)
Ciências, Biologia, Ciência Ambiental e Física,	1 (2,3%)
Química	2 (4,5%)
Ciência da Terra	1 (2,3%)

Fonte: os autores

Observamos que grande parte dos artigos pertenceu à disciplina de Ciências (56,8%). Em relação às disciplinas específicas, identificamos 2 artigos de Química (4,5%); 3 artigos de Biologia (6,8%) e 3 artigos de Física (6,8%).

²⁴ Termo utilizado no artigo.

Relativamente aos periódicos em que os artigos foram publicados, apresentamos o Quadro 10.

Quadro 10 - Periódicos em que os artigos foram publicados

Periódico	Quantidade de artigos (porcentagem)
Electronic Journal of Science Education	8 (18,2%)
Science Education International	2 (4,5%)
Education Sciences	3 (6,8%)
Journal of Technology and Science Education	1 (2,3%)
International Journal of Environmental & Science Education	1 (2,3%)
Journal of Astronomy & Earth Sciences Education	2 (4,5%)
Afterschool Matters	1 (2,3%)
International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology	1 (2,3%)
International Education Studies	1 (2,3%)
Journal of Higher Education Outreach and Engagement	1 (2,3%)
International Journal of Research in Education and Science	1 (2,3%)
Pedagogical Research	1 (2,3%)
Revista Electrónica De Investigación En Educación En Ciencias	1 (2,3%)
Journal of Chemical Education	2 (4,5%)
Investigações em Ensino de Ciências	1 (2,3%)
Journal of Microbiology & Biology Education	1 (2,3%)
BioScience	1 (2,3%)
Sage Open	1 (2,3%)
Science Education	5 (11,4%)
International Journal of Science Education	1 (2,3%)
Enseñanza De Las Ciencias	2 (4,5%)
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	1 (2,3%)
Journal of Research in Science Teaching	1 (2,3%)
International Journal of STEM Education	1 (2,3%)
CBE—Life Sciences Education	1 (2,3%)
The curriculum journal	1 (2,3%)
Science & Education	1 (2,3%)

Fonte: os autores

Notamos que os periódicos com maior quantidade de artigos foram: *Electronic Journal of Science Education*, com 8 artigos (18,2%); *Science Education*, com 5 artigos (11,4%) e *Education Sciences*, com 3 artigos (6,8%).

No tocante aos referenciais de Práticas Científicas para apoiar as discussões apresentadas nos artigos, identificamos 2 categorias, apresentadas no Quadro 11.

Quadro 11 – Levantamento de referenciais de Práticas Científicas dos artigos

Categoria	Descrição	Artigos
R1	Artigos que não mencionam referenciais sobre as Práticas Científicas para apoiar as discussões.	A02, A04, A05, A12, A21, A28, A30
R2	Artigos que mencionam referenciais sobre as Práticas Científicas para apoiar as discussões.	A01, A03, A06, A07, A08, A09, A10, A11, A13, A14, A15, A16,

	A17, A18, A19, A20, A22, A23, A24, A25, A26, A27, A29, A31, A32, A33, A34, A35, A36, A37, A38, A39, A40, A41, A42, A43, A44
--	---

Fonte: os autores

Verificamos que 7 artigos (16%) mencionam o termo Prática Científica *sem referenciar* autores que discutem tal temática. Logo, esses artigos foram alocados na categoria R1. Por outro lado, detectamos 37 artigos (84%) que mencionam o termo Prática Científica e referenciam autores que discutem tal temática. Sendo assim, esses artigos foram alocados na categoria R2. Nesse sentido, grande parte dos artigos se apoiam em referenciais para discutir as Práticas Científicas, o que é relevante, pois vemos que o termo Prática Científica não é tratado como um termo vago nesses artigos (R2). Os autores desses artigos definem o termo Prática Científica e apresentam considerações de outros autores para enriquecer as discussões. Apresentamos, no Quadro 12, as referências mais citadas.

Quadro 12 – Referenciais mais citados sobre Prática Científica

Referenciais teóricos	Artigos em que foi citado
NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 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. ²⁵	A01, A03, A06, A07, A09, A10, A11, A15, A17, A19, A20, A23, A25, A26, A31, A34, A35, A36, A37, A38, A39, A40, A41, A43, A44
NGSS Lead States. Next generation science standards: For states, by states. Washington, DC, Estados Unidos: The National Academy Press, 2013.	A03, A06, A07, A10, A11, A14, A15, A16, A17, A19, A25, A26, A35, A37, A41, A43, A44
BERLAND, L. K.; SCHWARZ, C. V.; KRIST, C.; KENYON, L.; LO, A. B.; REISER, B. J. Epistemologies in practice: Making scientific practices meaningful for students. Journal of Research in Science Teaching , v. 53, n. 7, p. 1082–1112, 2016. ²⁶	A03, A37, A38
National Research Council. National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press, 1996.	A07, A19, A44
FORD, M. Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. Science Education , v. 92, n. 3, p. 404-423, 2008.	A08, A18, A37
WHITE, B. Y.; FREDERIKSEN, J.R. Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. Cognition and Instruction , v. 16, n. 1, 3–118, 1998.	A03, A35
WINDSCHITL, M., THOMPSON, J., BRAATEN, M. Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. Science Education , v. 92, n. 5, p. 941-967, 2008.	A08, A38
SCHWARZ, C. V.; REISER, B. J.; DAVIS, E. A.; KENYON,	A03, A38

²⁵ A mesma referência de 2011 também foi considerada

²⁶ A mesma referência de 2015 também foi considerada

L.; ACHÉR, A.; FORTUS, D.; SHWARTZ, Y.; HUG, B.; KRAJCIK, J. Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. Journal of Research in Science Teaching , v. 46, n. 6, p. 632–654, 2009.	
BYBEE, R. W. Scientific and engineering practices in K–12 classrooms: Understanding a framework for K–12 science education. The Science Teacher , v. 78, n. 9, p. 34–40, 2011.	A09, A19
MINNER, D. D.; LEVY, A. J.; CENTURY, J. Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. Journal of Research in Science Teaching , v. 47, p. 474–496, 2010	A10, A35
EBERBACH, C.; CROWLEY, K. From everyday to scientific observation: How children learn to observe the biologist's world. Review of Educational Research , v. 79, n. 1, p. 39–68, 2009.	A11, A44
National Research Council. Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8 . Washington, Estados Unidos: National Academies Press, 2007.	A11, A23
LATOUR, B.; WOOLGAR, S. Laboratory life: The construction of scientific facts . Princeton, Estados Unidos: Princeton University Press, 1986. ²⁷	A14, A36
DUSCHL, R. A.; BYBEE, R. W. Planning and carrying out investigations: An entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. International Journal of STEM Education , v. 1, n. 1, p. 1-9, 2014.	A15, A36
FORBES, C. T.; BIGGERS, M.; ZAGORI, L. Investigating essential characteristics of scientific practices in elementary science learning environments: The practices of science observation protocol (P-SOP). School Science and Mathematics , v. 113, n. 4, p. 180-190, 2013.	A17, A37
REISER, B. J.; BERLAND, L. K.; KENYON, L. Engaging students in scientific practices of explanation and argumentation: Understanding A framework for K-12 science education. Science Teacher , v. 79, n. 4, p. 34–39, 2012.	A31, A39
PRINS, G. T.; BULTE, A. M. W.; VAN DRIEL, J. H.; PILOT, A. Students' involvement in authentic modelling practices as contexts in chemistry education. Research in Science Education , v. 39, n. 5, p. 681–700, 2009.	A32, A33
KELLY, G. J. Inquiry, activity, and epistemic practice. <i>In</i> : R. DUSCHL, R.; GRANDY, R. (Eds.). Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation . Rotterdam: Sense Publishers, 2008.	A32, A39
OSBORNE, J. Teaching scientific practices: meeting the challenge of change. Journal of Science Teacher Education , v. 25 n. 2, p. 177–196. 2014.	A34, A36

Fonte: os autores

A partir do Quadro 12 e considerando apenas os 37 artigos da categoria R2, ou seja, os artigos que mencionam o termo Prática Científica e referenciam autores que discutem essa temática, destacamos as referências mais citadas. Totalizaram-se 19 referências manifestadas mais de uma vez, nas quais 2

²⁷ A mesma referência do ano de 1979 também foi considerada

referências se destacaram: NRC (2012) e NGSS (2013), estando presentes em 25 artigos (67,6%) e 17 artigos (45,9%), respectivamente. Berland *et al.* (2016); NRC (1996) e Ford (2008) foram citadas por 3 artigos (8,1%) cada. As demais referências listadas no Quadro 12 foram citadas por 2 artigos (5,4%) cada.

Consideramos que os documentos NRC (2012) e NGSS (2013) têm dado grande importância às Práticas Científicas no Ensino de Ciências, por apresentarem esse conceito como um dos seus principais focos. Vemos, por meio da grande quantidade de artigos que citaram essas referências, a influência desses documentos nas pesquisas envolvendo Práticas Científicas. Por outro lado, destacamos as referências de pesquisadores independentes do *National Research Council* (NRC), apresentados no Quadro 12. Também consideramos importante destacar as referências publicadas antes de 2012, pois essas já discutiam o conceito de Prática Científica antes do documento principal do NRC (2012) que traz esse tema com grande destaque. As seguintes referências foram publicadas antes de 2012: NRC (1996); Ford (2008); Windschitl, Thompson & Braaten (2008); White & Frederiksen (1998); Schwarz *et al.* (2009); Minner, Levy & Century (2010); Eberbach & Crowley (2009); NRC (2007); Latour & Woolgar (1986); Prins *et al.* (2009) e Kelly (2008).

4.2 UMA ANÁLISE CRÍTICA DAS CARACTERÍSTICAS DAS PUBLICAÇÕES

Mediante nossas análises, notamos que alguns artigos investigaram as Práticas Científicas, assumindo o tema com um maior foco na pesquisa. 17 artigos (38,6%) apresentaram o termo Prática Científica em seus objetivos ou problemas de pesquisa, dando maior enfoque ao tema em suas investigações. Esses artigos (A01, A06, A09, A12, A17, A20, A25, A26, A28, A29, A33, A34, A37, A38, A39, A41, A44) tiveram as Práticas Científicas como seu foco principal, desenvolvendo investigações/discussões mais detalhadas sobre o tema Práticas Científicas no Ensino de Ciências. Essa lista de artigos é especialmente relevante para pesquisadores que estão interessados em conhecer estudos que tiveram o conceito de Prática Científica como um componente central da investigação e desejam continuar suas pesquisas, expandindo o conhecimento existente sobre esse assunto. Por outro lado, identificamos a necessidade de mais pesquisas que

investiguem as Práticas Científicas como foco central do artigo, já que apenas 17 artigos (38,6%) tiveram essa característica.

A distribuição dos autores entre os artigos foi bastante homogênea, já que não observamos um único autor com uma grande quantidade de publicações envolvendo Práticas Científicas no Ensino de Ciências. Apenas Michele Hollingsworth Koomen e Karen Suzanne Oberhauser tiveram seus nomes em 2 artigos, enquanto os demais autores apresentaram apenas 1 artigo no *corpus*. Assim, dentre o *corpus* analisado, não verificamos autores com linhas de pesquisa predominantemente focadas em Práticas Científicas no Ensino de Ciências.

A Michigan State University, dos Estados Unidos, foi a instituição com a maior quantidade de publicações do *corpus*, com 4 artigos (9,1%). Em relação aos continentes das publicações, a maioria (59,1%) foi de instituições da América do Norte. Apesar disso, 31,8% pertenceu a países da Europa, Ásia, África, América do Sul e Oceania, sendo que, desses, 9,1% foi resultante de parcerias entre países da América do Norte, América do Sul e Europa, ou seja, 40,9% das publicações envolveu países fora dos Estados Unidos (Espanha, Inglaterra, Brasil, Turquia, Holanda, Austrália, África do Sul, Chipre, Suécia, Noruega, Chipre, e Finlândia). Essas porcentagens são relevantes, pois mostram que mesmo as Práticas Científicas sendo muito discutidas nos Estados Unidos, devido ao referencial do NRC (2012), outros países também têm dado grande atenção às Práticas Científicas e realizado investigações acerca do tema. Nesse sentido, as Práticas Científicas podem ser consideradas um tema de pesquisa internacional na área de Ensino de Ciências.

Há um crescente interesse por pesquisas envolvendo Práticas Científicas nos últimos anos, já que 39 artigos (89%) foram publicados entre 2015-2019. Conforme o NRC (2012),

[...] o termo "inquiry", amplamente referido em documentos de padrões prévios, tem sido interpretado ao longo do tempo de muitas maneiras diferentes em toda a comunidade de educação científica, parte do nosso objetivo de articular as práticas na Dimensão 1 são para especificar melhor o que se entende por investigação em ciências e a gama de práticas cognitivas, sociais e físicas que esta requer (NRC, 2012, p. 30, tradução nossa)²⁸.

²⁸ No texto original: [...]the term "inquiry," extensively referred to in previous standards documents, has been interpreted over time in many different ways throughout the science education community, part of our intent in articulating the practices in Dimension 1 is to better specify what is meant by inquiry in science and the range of cognitive, social, and physical practices that it requires. As in all inquiry-

[...] tentativas para desenvolver a ideia de que a ciência deve ser ensinada por meio de um processo de investigação [inquiry] foi dificultado pela falta de uma definição dos elementos constituintes necessários. Essa ambiguidade resulta em objetivos pedagógicos amplamente divergentes - um resultado que é contraprodutivo para o objetivo de padrões comuns (p. 44, tradução nossa)²⁹.

Assim, o conceito de Prática Científica se mostra como uma forma de melhor esclarecer o que é e como pode ser realizado um Ensino de Ciências por investigação, devido à ambiguidade causada pelo termo *inquiry* em documentos norteadores anteriores e a falta de clareza que os professores tinham com esse conceito. Autores como Duschl e Bybee (2014) e Osborne (2014) mencionam que os padrões de ciência da nova geração estão, entre outras mudanças, mudando da investigação científica (*inquiry*) para a inclusão de Práticas Científicas.

A maior parte dos artigos (31,8%) não especificou o método de pesquisa. O método mais utilizado foi de pesquisa teórica (25%). Professores em serviço foram os mais investigados (13,6%). E a área mais investigada foi Ciências (56,8%).

Quanto aos referenciais, 84% dos artigos apresentaram referências para discutir Práticas Científicas. Essa porcentagem mostra que as discussões dos artigos são teoricamente apoiadas na literatura científica. Isso é relevante, pois o termo Prática Científica não é tratado como um termo vago.

Os referenciais NRC (2012) e NGSS (2013) foram os mais citados de Práticas Científicas, presentes em 67,6% e 45,9% dos artigos, respectivamente. Por outro lado, referenciais com datas de publicação anteriores a 2012 também foram identificados, mostrando discussões anteriores do termo na literatura científica e compreensões diferentes das apresentadas pelo NRC e NGSS.

4.3 QUAIS SÃO AS COMPREENSÕES ACERCA DAS PRÁTICAS CIENTÍFICAS EXPRESSAS NAS PUBLICAÇÕES?

based approaches to science teaching, our expectation is that students will themselves engage in the practices and not merely learn about them secondhand (NRC, 2012, p. 30).

²⁹ No texto original: “[...] attempts to develop the idea that science should be taught through a process of inquiry have been hampered by the lack of a commonly accepted definition of its constituent elements. Such ambiguity results in widely divergent pedagogic objective - an outcome that is counterproductive to the goal of common standards.” (NRC, 2012, p. 44)

Agrupamos as compreensões acerca das Práticas Científicas em três grupos emergentes - D1: Artigos que apresentaram compreensões das Práticas Científicas alinhadas ao NRC; D2: Artigos que apresentaram outras compreensões para Práticas Científicas; D3: Artigos que não apresentaram suas compreensões para Práticas Científicas. Para realizar esse movimento de identificação do entendimento enunciado nos artigos acerca da expressão Prática Científica, foram lidos todos os excertos contendo o termo “Prática Científica”, do item “Utilização do termo Prática Científica”, presentes no inventário.

O Quadro 13 apresenta os artigos que expuseram compreensões das Práticas Científicas alinhadas ao NRC e os respectivos referenciais citados. Esses artigos foram alocados ao grupo D1 e totalizaram 59,1% (26 artigos) do *corpus*. Os referenciais do Quadro 13 dizem respeito somente às *compreensões* apresentadas. Alguns artigos não incluíram uma definição explícita de Prática Científica, porém as contextualizaram citando documentos do NRC várias vezes, mencionando suas potencialidades para o Ensino de Ciências, propostas de ensino que as utilizaram e o grande destaque das Práticas Científicas em documentos norteadores recentes. Nesses casos, consideramos que os autores compreendiam as Práticas Científicas conforme os pressupostos do NRC, devido à grande quantidade de citações mencionando tais documentos.

Quadro 13 – Referenciais das compreensões de Práticas Científicas do D1

Artigos	Referenciais
A01	NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12) . Washington, DC: National Academies Press, 2012. NRC. Developing assessments for the Next Generation Science Standards . Washington, DC: National Academy Press, 2013.
A03	NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, By States . Washington, DC: The National Academies Press, 2013. NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12) . Washington, DC: National Academies Press, 2012.
A06	NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, By States . Washington, DC: The National Academies Press, 2013. NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12) . Washington, DC: National Academies Press, 2012.
A07	NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12) . Washington, DC: National Academies Press, 2012. NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, By States . Washington, DC: The National Academies Press, 2013.
A09	NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12) . Washington, DC: National Academies Press, 2012. BYBEE, R. Scientific and engineering practices in K-12 classrooms. The Science Teacher , v. 78, n. 9, p. 34-40, 2011. MICHAELS, S.; SHOUSE, A. W.; SCHWEINGRUBER, H. A. Ready, set, science!: Putting research to work in k-12 science classrooms. Washington, D.C.: National Research

	Council, 2008.
A10	<p>NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.</p> <p>MINNER, D. D.; LEVY, A. J.; CENTURY, J. Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. Journal of Research in Science Teaching, v. 47, p. 474–496, 2010.</p> <p>SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. The Significance of Content Knowledge for Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: Applying Genetics Knowledge to Genetic Engineering Issues. Science Education, v. 89, n. 1, p. 71-93, 2004.</p> <p>NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.</p>
A11	<p>NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.</p> <p>NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.</p>
A13	LUEHMANN, A. L. Students' perspectives of a science enrichment programme: Out-of-school inquiry as access. International Journal of Science Education , v. 31, n. 13, p. 1831–1855, 2009.
A15	<p>NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.</p>
A16	<p>NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.</p>
A17	<p>STRAUSS, A. L. Inquiry 101: Thinking like a scientist. University of Minnesota Extension, 2012.</p> <p>NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.</p>
A19	NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.
A20	NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.
A23	NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.
A25	NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.
A26	<p>NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.</p> <p>BRANDRIET, A.; REED, J. J.; HOLME, T. A historical investigation into item formats of ACS exams and their relationships to science practices. Journal of Chemical Education, v. 92, n. 11, p. 1798-1806, 2015.</p>
A27	DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. F.; Scott, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. Química Nova na Escola , v. 9, n. 5, p. 31-40, 1999.
A31	NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.
A34	NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.
A35	<p>NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.</p>
A36	<p>NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.</p> <p>DUSCHL, R., SCHWEINGRUBER, H. A., & SHOUSE, A. (2008). Taking science to school. Washington DC: National Academies Press.</p>
A37	<p>NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.</p> <p>NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.</p> <p>KUHN, D. Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. Science Education, v. 77, n. 3, p. 319–337, 1993.</p>
A38	NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.

A39	NRC. A Framework for K-12 Science Education : Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012. KELLY, G. J. Inquiry, activity, and epistemic practice. <i>In</i> : R. DUSCHL, R.; GRANDY, R. (Eds.). Teaching scientific inquiry : Recommendations for research and implementation. Rotterdam: Sense Publishers, 2008.
A40	NRC. A Framework for K-12 Science Education : Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012. NGSS Lead States. Next Generation Science Standards : For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press, 2013. PASSMORE, C.; STEWART, J. A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. Journal of Research in Science Teaching , v. 39, n. 3, p. 185-204, 2002.
A44	NGSS Lead States. Next Generation Science Standards : For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press, 2013. NRC. A Framework for K-12 Science Education : Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.

Fonte: os autores

Notamos que todos os artigos alocados no grupo D1 apresentam ideias presentes em documentos elaborados pelo NRC ou ideias alinhadas a esse documento para Práticas Científicas. Nesse grupo, destacamos o A13 e o A27, que não citaram diretamente referenciais do NRC, porém assumiram compreensões alinhadas a ele. Por exemplo, o A13 discute que o uso das Práticas Científicas envolve os alunos no trabalho de campo, como cientistas, e que usar as ferramentas reais dos cientistas constitui uma aprendizagem que espelha as práticas desses pesquisadores, ou seja, uma ideia muito alinhada ao NRC para Práticas Científicas. Conforme o A13, isso ajuda os alunos a se enxergarem como cientistas e a desenvolverem identidades científicas positivas.

Dentre as compreensões dos artigos alocados ao grupo D1: Artigos que apresentaram compreensões das Práticas Científicas alinhadas ao NRC, foi realizada a leitura e releitura da “Utilização do termo Práticas Científicas” de cada artigo para *sintetizar as ideias principais dos autores acerca das Práticas Científicas*. A partir desse movimento, identificamos as seis principais ideias de Práticas Científicas evidentes nos artigos desse grupo.

Destacamos as seis principais ideias de Práticas Científicas no Quadro 14, as quais emergiram da leitura e releitura dos inventários desses artigos e o agrupamento de compreensões similares que expressam os principais enunciados utilizados nos artigos para expressarem suas compreensões acerca das Práticas Científicas.

Quadro 14 – As seis principais ideias de Práticas Científicas do grupo D1

Ideia	Descrição
-------	-----------

D1.1	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas Científicas são os processos do “fazer ciência”. • Práticas Científicas são uma forma de conhecimento procedimental • Práticas Científicas são habilidades processuais • Práticas Científicas são parte do processo da ciência, caracterizando-se como as atividades cognitivas e discursivas que são direcionadas ao ensino de ciências para desenvolver uma compreensão epistêmica da Ciência e uma apreciação da natureza da ciência. • Práticas Científicas são baseadas na coleta e análise de dados ou evidências, com o raciocínio sobre essas evidências formando a base do pensamento científico
D1.2	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas Científicas são as atividades utilizadas por cientistas para construir conhecimento, teorias e modelos acerca do mundo • Práticas Científicas são as atividades dos cientistas que são feitas repetidamente com níveis crescentes de proficiência. • Práticas Científicas envolvem os alunos no trabalho de campo como cientistas e lhes permitem usar as ferramentas reais dos cientistas, constituindo uma aprendizagem que espelha as Práticas dos cientistas. • Práticas Científicas espelham a forma que cientistas constroem conhecimento na ciência. • Práticas Científicas reúnem o conhecimento e a habilidade que compõem a investigação científica para ilustrar aos alunos como os cientistas profissionais praticam as ciências.
D1.3	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas Científicas são uma das três dimensões da aprendizagem científica (Práticas Científicas, Ideias Centrais e Conceitos Transversais). • Essas dimensões estão entrelaçadas.
D1.4	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas Científicas são diferentes de termos como “ensino investigativo”³⁰ e “processos científicos”, pois enfatizam que engajar-se em uma investigação científica requer não apenas habilidade, mas também conhecimento específico para cada prática.
D1.5	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas Científicas em uma determinada área de disciplina (por exemplo, astronomia) podem variar drasticamente daquelas em outras áreas • Práticas Científicas são específicas para cada disciplina
D1.6	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas Científicas são as práticas da comunidade científica • Práticas Científicas são as maneiras específicas pelas quais os membros de uma comunidade propõem, justificam, avaliam e legitimam declarações de conhecimento em uma estrutura disciplinar

Fonte: os autores

Na primeira ideia (D1.1), estão expressas as compreensões sobre Práticas Científicas enquanto processos do “Fazer ciência”, relacionadas à habilidades processuais, tais como a coleta e a análise de dados.

Já na D1.2, os autores assumem a compreensão de Práticas Científicas como atividades que se assemelham àquelas realizadas por cientistas na construção do conhecimento.

Na terceira ideia (D1.3), as Práticas Científicas são assumidas como uma das três dimensões para a aprendizagem científica, ou seja, para aprender

³⁰ No texto original: *inquiry*

ciências além da aprendizagem do conteúdo e dos conceitos transversais é necessário se envolver em Práticas Científicas, isto é, uma aprendizagem tridimensional.

Relativamente à quarta ideia (D1.4), os autores buscam esclarecer que o termo Prática Científica se distingue de outros termos já conhecidos como “ensino investigativo” ou processos científicos, enfatizando que o termo Práticas Científicas é mais amplo e envolve habilidade e conhecimento, inter-relacionados.

Em relação à quinta ideia (D1.5), os autores mencionam que Práticas Científicas podem ser mais acentuadas dependendo da disciplina em questão, ou seja, há Práticas Científicas específicas para disciplinas específicas.

Por fim, na sexta ideia (D1.6), os autores assumem as Práticas Científicas como práticas de uma determinada comunidade, nesse caso, comunidades científicas.

O Quadro 15 apresenta os artigos que expressam outras compreensões para Práticas Científicas e os respectivos referenciais citados. Esses artigos foram alocados ao grupo D2 e totalizaram 15,9% (7 artigos) do *corpus*. Os referenciais desse quadro dizem respeito somente às *compreensões* apresentadas.

Quadro 15 – Referenciais das compreensões de Práticas Científicas do D2

Artigos	Referenciais
A14	PICKERING, A. The mangle of practice : Time, agency, and science. Chicago, IL: The University of Chicago Press, 1995. ARCHER, L.; DEWITT, J.; OSBORNE, J.; DILLON, J.; WILLIS, R.; WONG, B. Doing science versus being a scientist: Examining 10/11-year old school children’s constructions of science through the lens of identity. Science Education , v. 94, p. 1-23, 2010. FORD, M. J.; WARGO, B. M. Routines, roles, and responsibilities for aligning scientific and classroom practices. Science Education , v. 91, p. 133-157, 2006. NGSS Lead States. Next Generation Science Standards : For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.
A29	O’MALLEY, M.; ELLIOTT, K. C.; BURIAN, R. From genetic to genomic regulation: Iterative methods in miRNA research. Studies in History and Philosophy of Biology and Biomedical Sciences , v. 41, p. 407–417, 2010.
A32	PRINS, G. T.; BULTE, A. M. W.; VAN DRIEL, J. H.; Pilot, A. Selection of authentic modelling practices as contexts for chemistry education. International Journal of Science Education , v. 30, n. 14, p. 1867–1890, 2008.
A33	PRINS, G. T.; BULTE, A. M.; VAN DRIEL, J. H.; Pilot, A. Students’ involvement in authentic modelling practices as contexts in chemistry education. Research in Science Education , v. 39, p. 681-700, 2009.
A41	ROBERTS, R.; GOTT, R. Assessment of performance in practical science and pupil attributes. Assessment in Education , v. 13, n. 1, p. 45-67, 2006. NRC. A Framework for K-12 Science Education : Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12). Washington, DC: National Academies Press, 2012.
A42	HARKER, D. Creating scientific controversies : uncertainty and bias in science and society. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.
A43	FORD, M. J. Educational implications of choosing “practice” to describe science in the Next

	Generation Science Standards. Science Education , v. 99, n. 6, p. 1041–1048, 2015. NRC. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (FK12) . Washington, DC: National Academies Press, 2012.
--	--

Fonte: os autores

Os artigos alocados ao grupo D2 apresentaram compreensões diferentes para o termo Prática Científica. Alguns dos artigos desse grupo (A14, A41, A43) mencionaram o NRC (2012) brevemente, apenas para contextualizar o termo e exemplificar a importância que as Práticas Científicas vem recebendo em documentos norteadores. Apesar disso, esses artigos discutem, em maiores detalhes, compreensões diferentes das expressas no NRC para o termo Prática Científica, logo foram alocados ao D2. Discutimos as compreensões desses artigos abaixo.

O A14 brevemente comenta do uso das Práticas Científicas no *Next Generation Science Standards* (NGSS, 2013), mas também apresenta outros referenciais para fundamentar ideias diferentes para Práticas Científicas (PICKERING, 1995; ARCHER *et al.*, 2010; FORD & WARGO, 2006). Conforme o A14,

Pickering (1995) conceituou a prática científica por meio de intenções, planos, objetivos, interesses individuais e restrições dentro da estrutura da “mutilação da prática” (p. 23). Conforme Pickering, a mutilação era a dialética da resistência e da acomodação. Resistência, que surge momentaneamente, e parece ser um obstáculo no caminho do objetivo de um cientista. Sua resposta a essa resistência seria acomodada por meio do trabalho a fim de construir uma nova máquina ou um novo produto. Sem interações humanas ou propósitos, não haveria o desenvolvimento de novas máquinas ou novos conhecimentos (A14, p. 32, tradução nossa)³¹.

Notamos que, para o A14, a Prática Científica pode ser conceituada por meio de intenções, planos, objetivos, interesses individuais e restrições, utilizando esse referencial, dentre outros, para “compreender a visão da ciência como uma prática social” (A14, p. 32) e fornecer uma fundamentação conceitual para seu estudo, que busca discutir: os propósitos, responsabilidades, atividades corriqueiras, objetivos e intenções de sujeitos de dois contextos acadêmicos

³¹ No texto original: “Pickering (1995) conceptualized scientific practice through intentions, plans, goals, individual interests, and constraints within the framework of ‘mangle of practice’ (p.23). According to Pickering, the mangle was the dialectic of resistance and accommodation. Resistance, which momentarily emerges, appears to be an obstacle in the path of a scientist’s goal. His or her responses to this resistance would be accommodated through working to solve it in a manner that leads to a new machine or new knowledge. Without human intentions or purposes, there would be no development of new machines or new knowledge.” (A14, p. 32).

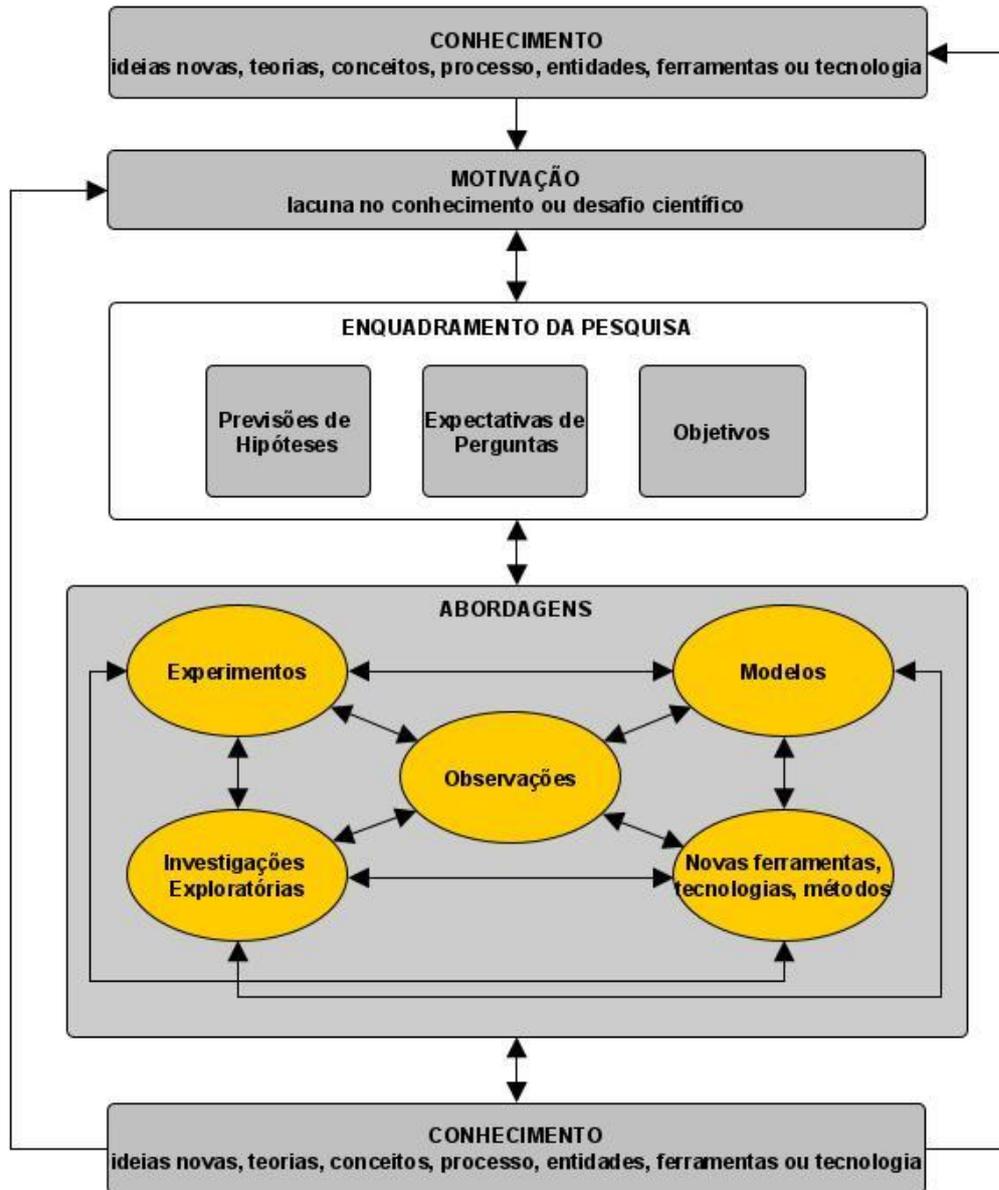
diferentes. O A14 busca fazer essa análise a partir de lentes sociológicas e destacar as distintas características dos contextos e sugerir novas estratégias para a aprendizagem de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM) na escola.

O A14 também cita Archer *et al.* (2010) para distinguir Práticas Científicas de Práticas Científicas Escolares, comentando que “as Práticas Científicas Escolares podem ser consideradas versões seguras das Práticas Científicas realizadas em comunidades científicas profissionais” (A33). Por fim, o A14 apresenta a concepção de Ford & Wargo (2006), que compreendem a Prática Científica por meio de rotinas, funções e responsabilidades³² (3Rs).

O A29 representa/compreende a Prática Científica como um processo iterativo, com diversas abordagens e links (Figura 3).

Figura 3 - A Prática Científica como um processo iterativo.

³² No texto original: *routines, roles, and responsibilities* (3Rs).



Fonte: extraído e adaptado de Elliott *et al.* (2016)³³.

O A29 define a Prática Científica como um processo iterativo (Figura 3), o qual tem sido defendido em estudos filosóficos e históricos recentes. Para o A29,

Um modelo iterativo de Prática Científica alivia muitas preocupações acerca da pesquisa intensiva em dados. O potencial de gerar correlações espúrias se torna menos séria quando padrões gerados por dados são identificados e avaliados como parte de projetos de pesquisa maiores que incorporam perguntas, hipóteses e objetivos de pesquisa mais amplos e quando técnicas e inferências apropriadas são utilizadas para lidar com correlações espúrias (Hand, 1998) (A29, p. 5, tradução nossa)³⁴.

³³ A29

³⁴ No texto original: "An iterative model of scientific practice alleviates many common concerns about data-intensive research. The potential for generating spurious correlations becomes less serious when

A partir do excerto acima e da Figura 3, notamos que o A29 compreende Prática Científica relacionada a métodos científicos iterativos de pesquisa. A citação de O'Malley, Elliott & Burian (2010) no A29 corrobora essa compreensão:

O'Malley e colegas (2010) discutiram que não só a pesquisa intensiva em dados, mas também a prática científica como um todo deveria ser caracterizada como uma interação iterativa entre pelo menos quatro diferentes modos de pesquisa: orientada por hipóteses, orientada por perguntas, exploratória e orientada por ferramentas e métodos (A29, p. 5, tradução nossa)³⁵.

Já o A32 busca utilizar Práticas Científicas Autênticas, existentes na sociedade, em contextos de aprendizagem em química. Para o A32,

Uma prática autêntica é caracterizada por trabalhadores que trabalham em uma questão definida de acordo com procedimentos padronizados usando conhecimentos e ferramentas relevantes e conectados por objetivos, motivos e atitudes compartilhados (Prins, Bulte, Van Driel, & Pilot, 2008) (A32, p. 1110)³⁶.

Notamos que o A32 utiliza a palavra “trabalhadores” para designar os sujeitos que realizam essas Práticas, ao invés de utilizar a palavra “cientistas”, como nos artigos alocados no grupo D1. Conforme o A32, quando os alunos realizam atividades que se assemelham às Práticas Científicas Autênticas, esses “se tornam familiarizados com os artefatos pertencentes a essa prática científica autêntica” (A32, p. 1111)³⁷. O A32 cita alguns artefatos das Práticas Científicas Autênticas, como: linguagem (palestras, relatórios, artigos, designs) e procedimentos científicos (equipamento laboratorial). Os valores e atitudes dessas Práticas também possuem grande importância, pois além do conhecimento (conceitos e/ou teorias), a

data-generated patterns are identified and evaluated as part of larger research projects that incorporate broader research questions, hypotheses, or objectives and when appropriate techniques and inferences are used to deal with spurious correlations.” (A29, p. 5).

³⁵ No texto original: “O'Malley and colleagues (2010) argued that not only data-intensive research but also scientific practice as a whole should be characterized as an iterative interplay between at least four different modes of research: hypothesis-driven, question-driven, exploratory, and tool- and method-oriented.” (A29, p. 5).

³⁶ No texto original: “An authentic practice is characterised by employees working on a defined issue according to standardised procedures using relevant knowledge and tools, and connected by shared purposes, motives and attitudes (Prins, Bulte, Van Driel, & Pilot, 2008) (A31, p. 1110).

³⁷ No texto original: “[...] the learner becomes acquainted with the artefacts belonging to that authentic scientific practice.” (A32, p. 1111).

inserção social dessa Prática também deve ser destacada. Consideramos que o A33 também apresenta essa concepção de Prática Científica, já que esse cita Prins *et al.* (2009). Destacamos que o A33 não apresenta sua compreensão explícita de Prática Científica no artigo, porém alocamos o A33 ao grupo D2 por utilizar o termo Prática Científica Autêntica e citar Prins *et al.* (2009) e nenhum documento do NRC.

O A41 menciona o NRC (2012), como também apresenta compreensões diferentes para práticas científicas. Conforme o A41,

Ver a prática científica como uma base de conhecimento conceitual a ser entendida, em vez de habilidades ou processos a serem adquiridos representa uma mudança ontológica em sua caracterização (A41, p. 3, tradução nossa)³⁸.

Para o A41, os documentos curriculares recentes refletem essa mudança uma vez que a Prática Científica está preocupada com o "fazer". Por outro lado, referenciais atrelados à história da ciência podem ajudar a ilustrar a interação do conhecimento científico com a Prática Científica. De acordo com o A41:

Ver a prática científica como uma rede de ideias a serem compreendidas tem implicações para o papel do trabalho prático na educação científica, com sua especificação em currículos e sua avaliação (Roberts & Gott, 2006) (A41, p. 18)³⁹.

Assim, o A41 foi alocado ao D2 por também apresentar a compreensão de Práticas Científica como uma rede de ideias a serem compreendidas.

O A42 também apresenta uma compreensão diferente de Práticas Científicas:

Controvérsias são uma característica essencial da prática científica: são problemas vivos ou atuais que não são resolvidos porque não há procedimentos aceitos pelos quais possam ser resolvidos ou porque há diferentes suposições conceituais ou metodológicas que afetam a interpretação das evidências (Dascal 1998). Elas começam "quando os atores descobrem que não podem se ignorar e terminam quando os atores conseguem chegar a um compromisso sólido para viver juntos." (Venturini

³⁸ No texto original: "Viewing scientific practice as a conceptual knowledge base to be understood rather than skills or processes to be acquired represents an ontological shift in its characterisation." (A41, p. 3)

³⁹ No texto original: "Viewing scientific practice as a network of ideas to be understood has significant implications for the role of practical work in science education, its specification in curricula and its assessment." (Roberts & Gott, 2006) (A41, p. 18).

2010, p. 261). Isso posiciona a prática científica como uma atividade dialógica, argumentativa e viva, envolvendo pessoas, com a resolução de controvérsias servindo para criar, elaborar e refinar teorias e estimular novas pesquisas (Harker 2015) (A42, p. 690, tradução nossa)⁴⁰.

Nota-se que o A42, no início da citação destacada acima, considera as controvérsias como uma característica essencial da Prática Científica. Além disso, o A42 compreende a Prática Científica como uma atividade dialógica, argumentativa e viva, que envolve pessoas na resolução de controvérsias, levando a elaboração ou reelaboração de teorias. Portanto, o A42 foi alocado ao grupo D2 por apresentar compreensões diferentes para as Práticas Científicas e não mencionar nenhum documento do NRC.

O A43 discute acerca da pouca importância dada à crítica e avaliação no Ensino de Ciências. Para esse artigo,

Embora *A Framework for K-12 Science Education* liste a avaliação no título de uma de suas oito práticas científicas (ou seja, "obter, avaliar e comunicar informações", NRC, 2012, p. 3; grifo nosso), concordamos com a posição de Ford (2015) que afirma que todas as práticas científicas são baseadas em "processos perpétuos de avaliação e crítica que sustentam o progresso na explicação da natureza" (p. 1043) (A43, p. 154)⁴¹.

Assim, o A43 reconhece o papel da avaliação no NRC (2012), porém compreende Práticas Científicas como "processos perpétuos de avaliação e crítica que sustentam o progresso na explicação da natureza". O artigo complementa sua compreensão, discutindo que o raciocínio avaliativo é fundamental para todas as práticas científicas (A43, p. 171).

O Quadro 16 apresenta os artigos que não apresentaram suas compreensões para Práticas Científicas. Esses artigos foram alocados ao grupo D3

⁴⁰ Controversies are an essential feature of scientific practice: they are live, or current, problems that are unresolved because there are no accepted procedures by which they can be resolved, or because there are differing conceptual or methodological assumptions that affect the interpretation of evidence (Dascal 1998). They begin 'when actors discover that they cannot ignore each other and...end when actors manage to work out a solid compromise to live together.' (Venturini 2010, p. 261). This positions scientific practice as a live dialogical and argumentative activity, involving people, with the resolution of controversies serving to create, elaborate and refine theories and stimulate new research (Harker 2015) (A42, p. 690).

⁴¹ No texto original: "Although *A Framework for K-12 Science Education* lists evaluation in the title of one of its eight scientific practices (i.e., "obtaining, evaluating, and communicating information," NRC, 2012, p. 3; emphasis ours), we agree with Ford's (2015) position that all scientific practices are based on "processes of perpetual evaluation and critique that support progress in explaining nature" (p. 1043) (A43, p. 154).

e totalizaram 25% (11 artigos) do *corpus*. Referenciais não estão inclusos na tabela, pois os autores não definiram o termo.

Quadro 16 – D3: Artigos que não apresentaram suas compreensões para Práticas Científicas.

Artigos
A02, A04, A05, A08, A12, A18, A21, A22, A24, A28, A30

Fonte: os autores

Os artigos alocados no grupo D3 não apresentaram definições para o termo Prática Científica, apenas mencionam a expressão. Por exemplo, o A08 comentou que o trabalho de laboratório pode ser uma forma de espelhar aspectos de Práticas Científicas do mundo real - com ênfase na natureza da ciência como processo, porém não comentou o que considera como Prática Científica. Esse artigo também não citou referenciais do NRC, não podendo ser alocado ao grupo D1, nem citou referenciais do grupo D2. Similarmente, o A18 comenta que reformas educacionais têm dado grande destaque às Práticas Científicas, porém não incluiu compreensões de Prática Científica, nem cita quais reformas educacionais são essas.

4.4 UMA ANÁLISE CRÍTICA DAS COMPREENSÕES

Em relação às compreensões acerca das Práticas Científicas, três grupos emergiram (D1, D2, e D3). D1: Artigos que apresentaram compreensões das Práticas Científicas alinhadas ao NRC; D2: Artigos que apresentaram outras compreensões para Práticas Científicas e D3: Artigos que não apresentaram suas compreensões para Práticas Científicas.

O D1: Artigos que apresentaram compreensões das Práticas Científicas alinhadas ao NRC, consistiu na maioria dos artigos (59,1%). Seis principais ideias de Práticas Científicas puderam ser sintetizadas a partir das discussões desses artigos (D1.1, D1.2, D1.3, D1.4, D1.5, e D1.6). Essas seis ideias são relevantes, pois caracterizam a compreensão que a maior parte da literatura científica possui, atualmente, acerca das Práticas Científicas.

O D1.1 consiste nas Práticas Científicas enquanto processos do “Fazer ciência”, relacionadas à habilidades processuais, tais como a coleta e a

análise de dados. O D1.2 consiste nas Práticas Científicas como atividades que se assemelham às atividades realizadas por cientistas na construção do conhecimento. O D1.3 consiste nas Práticas Científicas como uma das três dimensões para a aprendizagem científica. O D1.4 consiste nas Práticas Científicas como um termo complexo e amplo, envolvendo conhecimento e habilidade. O D1.5 consiste nas Práticas Científicas como dependentes da disciplina em questão, ou seja, há Práticas Científicas específicas para disciplinas específicas. O D1.6 consiste nas Práticas Científicas como práticas de uma determinada comunidade.

Dentre essas ideias principais, identificamos uma lacuna nas pesquisas, pois sabemos que as Práticas Científicas são específicas para as disciplinas (D1.5), porém ainda não está claramente definido quais Práticas estão mais próximas de quais disciplinas. Isso é relevante, pois traz implicações para o que deve ser considerado no desenvolvimento de atividades e avaliações nas disciplinas específicas, bem como na melhor compreensão das ações discentes (o que os alunos de fato fazem) em cada disciplina.

O D2: Artigos que apresentaram outras compreensões para Práticas Científicas, consistiu em 15,9% dos artigos. Esses artigos, muitas vezes, utilizaram ideias ou lentes sociológicas, filosóficas ou históricas para compreender as Práticas Científicas. Esses artigos entenderem as Práticas Científicas como rotinas, funções e responsabilidades (A14); um processo iterativo ou métodos científicos iterativos de pesquisa (A29); realizadas por trabalhadores imersos na sociedade (A32); uma rede de ideais (A42) e processos perpétuos de avaliação e crítica (A43).

Consideramos que as compreensões do grupo D2 se constituem como alternativas na área de Ensino de Ciências, devido à pouca quantidade de artigos que assumiram essas compreensões (15,9%), bem como o fato dessas compreensões serem diferentes entre si, e não unificadas ou complementares como do grupo D1.

O D3: Artigos que não apresentaram suas compreensões para Práticas Científicas, consistiu em 25% dos artigos. Esses artigos não apresentaram definições para o termo Prática Científica, apenas mencionaram o termo. Consideramos relevante a inclusão de compreensões nos artigos, a fim de entender o que os autores compreendem como Práticas Científicas. Isso também se mostra importante devido às compreensões diferentes, ou alternativas, identificadas no *corpus*.

4.5 EM QUAIS CONTEXTOS OS AUTORES REALIZARAM PESQUISAS ENVOLVENDO PRÁTICAS CIENTÍFICAS?

Em relação aos contextos de pesquisa nos quais os artigos abordam o tema Práticas Científicas, foram identificadas 6 categorias que acomodaram todos os artigos analisados, e seguem apresentadas no Quadro 17. Destacamos que as análises desses artigos não buscam identificar, neste momento, o que os autores compreendem como Prática Científica (discussão realizada na segunda seção), mas os contextos de pesquisa envolvendo Práticas Científicas.

Quadro 17 - Contextos de pesquisa envolvendo as Práticas Científicas

Categoria	Contexto/breve descrição	Artigos (total)
C1	<u>Práticas Científicas e propostas de ensino</u> ⁴² Artigos que investigam/discutem Práticas Científicas a partir de diferentes propostas de ensino.	A03, A04, A06, A09, A10, A12, A13, A14, A16, A19, A22, A27, A28, A32, A34, A37, A42 (17)
C2	<u>Práticas Científicas e distintos quadros teóricos</u> Artigos que discutem a respeito das Práticas Científicas de forma teórica.	A01, A18, A23, A29, A30, A31, A33, A36, A40, A41 (10)
C3	<u>Práticas Científicas e os estudantes</u> Artigos que investigam a relação entre estudantes e Práticas Científicas.	A02, A05, A11, A21, A38, A43, A44 (7)
C4	<u>Práticas Científicas e as avaliações</u> Artigos que investigam a relação entre Práticas Científicas e avaliações.	A15, A20, A25, A26, A35 (5)
C5	<u>Práticas Científicas e os professores</u> Artigos que investigam a relação entre professores e Práticas Científicas.	A07, A08, A17, A24 (4)
C6	<u>Práticas Científicas e o Currículo</u> Artigos que investigam a relação entre Práticas Científicas e o currículo.	A39 (1)

Fonte: os autores

Salientamos que as categorizações foram realizadas em relação ao foco central dos artigos, no que diz respeito às discussões envolvendo as Práticas Científicas. Assim, quando o foco central do artigo foi relatar/discutir diferentes propostas de ensino, mesmo que apareçam os estudantes, esses artigos foram alocados na categoria C1, por exemplo. Nas subseções a seguir, alguns excertos

⁴² O termo propostas de ensino foi utilizado para manter um padrão, porém os autores dos artigos também utilizaram os termos: simulações, experimentos, especialidades de mérito dos escoteiros, programas, modelos, recursos online, etc.

dos artigos são apresentados e discutidos a fim de exemplificar melhor as categorias identificadas.

4.5.1 Práticas Científicas e propostas de ensino (C1)

A partir do Quadro 17, observamos que 38,6% (17 artigos) foram alocados na categoria C1. Essa categoria consistiu em artigos que investigaram/discutiram a respeito das Práticas Científicas a partir de diferentes propostas de ensino desenvolvidas com alunos da Educação Básica e/ou do ensino superior. O A03, por exemplo, relatou:

Essas ferramentas de simulação - e as abordagens pedagógicas associadas - podem ajudar os alunos a desenvolver muitas das capacidades que os esforços recentes de reforma do Ensino de Ciências visam promover, especialmente a compreensão conceitual dos alunos, mas também sua motivação e seu envolvimento em práticas científicas (A03, p. 3, tradução nossa)⁴³.

Observamos que o A03 relacionou ferramentas de simulação, ou seja, uma proposta de ensino com o uso de ferramentas computacionais para discutir o seu potencial em promover o engajamento dos estudantes em Práticas Científicas, bem como outras capacidades discutidas nas reformas educacionais.

Ainda na categoria C1, apresentamos um excerto do A04:

As especialidades de mérito de Ciência Ambiental e Engenharia dos Escoteiros da América são dois dos seus mais de 120 emblemas de mérito oferecidos como parte de um programa educacional não formal para os EUA. As práticas científicas e de engenharia dos padrões científicos da próxima geração dos EUA fornecem uma visão da Educação Científica que inclui a integração de oito práticas que envolvem a juventude na aprendizagem baseada em investigação e interpretação. Este estudo exploratório usa análise de documentos triangulados com um questionário sob os princípios gerais de avaliação do programa como um estudo de caso para examinar o alinhamento potencial das especialidades de mérito de Ciência e Engenharia Ambiental e as práticas científicas e de Engenharia do NGSS. (A04, p. 11675, tradução nossa)⁴⁴.

⁴³ No texto original: “These simulation tools—and associated pedagogical approaches—can help learners to develop many of the capabilities recent science education reform efforts aim to promote, particularly students’ conceptual understanding, but also their motivation, and their engagement in scientific practices.” (A03, p. 3).

⁴⁴ No texto original: “The Boy Scouts of America’s Environmental Science and Engineering merit badges are two of their over 120 merit badges offered as a part of a non-formal educational program to U.S. boys. The Scientific and Engineering Practices of the U.S. Next Generation Science Standards provide a vision of science education that includes integrating eight practices that engage youth in inquiry-based learning and investigative design and interpretation. This exploratory study uses

Observamos que o A04 busca relacionar especialidades de mérito dos Escoteiros às Práticas Científicas. Nesse sentido, o estudo busca encontrar evidências sobre a eficácia dessa proposta como uma forma de organização de ensino que apoia o envolvimento de jovens na aprendizagem sobre as Práticas Científicas encontradas no NGSS (2013). Nesse caso, as especialidades são consideradas como propostas de ensino para promover as Práticas Científicas.

Dentre as diferentes propostas de ensino relacionadas às Práticas Científicas, os artigos alocados na C1 discutiram o uso de simulações (A03); experimentos (A04); especialidades de mérito dos escoteiros (A06); abordagens pedagógicas para alunas afro-americanas urbanas (A09); envolvimento parental (A10); um modelo para literacia estatística (A12); programas extra classe (A13); programas de desenvolvimento profissional (A16); rotinas escolares e universitárias (A14); a Abordagem de Confluência (*The Confluence Approach*) (A19); investigação com base em argumentos (*Argument Driven Inquiry*) (A22); uma aula fundamentada no ensino por investigação (A27); um recurso online (A28); a estrutura educacional baseada em atividades (A32); a lousa digital interativa (A34); projetos de feiras de ciências (A37) e controvérsias na Ciência (A42).

4.5.2 Práticas Científicas e distintos quadros teóricos (C2)

A categoria C2 acomodou 22,7% (10 artigos). Os artigos alocados nesta categoria discutem a respeito das Práticas Científicas, contudo, de forma teórica, relacionando-as com diferentes quadros teóricos. Apresentamos um excerto do A01 para discussão:

Partindo do conhecido, usando exemplos específicos do NGSS [Next Generation Science Standards] e da cultura tradicional da ciência escolar, esse artigo fornece exemplos das dimensões individualmente, articuladas e, finalmente, todas juntas. Compreender como as três dimensões interagem é um primeiro passo crítico para escolas, distritos e estados considerando a adoção total ou parcial da estruturação e do NGSS, pois ajuda a iluminar de onde estamos vindo e para onde precisamos ir (A01, p1, tradução nossa)⁴⁵.

document analysis triangulated with a questionnaire under the general principles of program evaluation as a case study to examine the potential alignment of the Boy Scouts of America's Environmental Science and Engineering merit badges and the Scientific and Engineering Practices of the NGSS." (A04, p. 11675).

⁴⁵ No texto original: "Beginning with the known, by using specific examples from the NGSS and traditional school-science culture, the article provides examples of the dimensions singularly, in

Vemos que o A01 discute as Práticas Científicas de forma teórica, relacionando-as com a estruturação proposta pelo NGSS (2013), ou seja, articulando com as demais dimensões – Conceitos Transversais e Ideias Centrais Disciplinares. O artigo também apresenta diferentes exemplos das Práticas Científicas de forma isolada e em conjunto a fim de compreender a interação dessas e descrever como as Práticas podem se manifestar em sala de aula.

Ainda na categoria C2, apresentamos um excerto do A18:

Quando se trata de práticas científicas, as reformas educacionais enfatizam muito as práticas científicas como a argumentação no Ensino de Ciências. Portanto, o objetivo desta pesquisa é realizar um estudo de síntese sobre a argumentação no Ensino de Ciências. Para atingir este propósito, este tópico será revisado em sete títulos principais dentro do estudo atual. Estes são o desenvolvimento da teoria da argumentação, abordagens de argumentação, modelos de argumentação usados na educação científica, o papel do aluno na argumentação, o papel do professor na argumentação, atividades que criam um ambiente de argumentação, dificuldades associadas à implementação da argumentação no ambiente de aprendizagem e argumentação científica, respectivamente (A18, p. 1, tradução nossa)⁴⁶.

Nesse sentido, o A18 discute, mais detalhadamente, a Prática Científica de argumentação de forma teórica, sintetizando sete títulos principais da argumentação no Ensino de Ciências. O artigo também ressalta a ênfase dada às Práticas Científicas nas reformas educacionais de Ensino de Ciências.

Dentre os diferentes enfoques teóricos dos artigos alocados na C2, esses discutem: a articulação e exemplificação das Práticas Científicas em sala de aula (A01); um estudo particular da Prática Científica de argumentação no Ensino de Ciências (A18); o que é ensinado em Ciências e o que os estudantes aprendem, destacando a importância das Práticas Científicas para construir uma compreensão da Natureza da Ciência (A23); como relatos interativos de métodos científicos

tandem, and finally all together. Understanding how the three dimensions interact is a critical first step for schools, districts, and states considering the Framework and NGSS for full or partial adoption, as it helps to illuminate where we are coming from and where we need to go.” (A01, p. 1).

⁴⁶ No texto original: “When it comes to scientific practices, educational reforms highly emphasize scientific practices such as argumentation in science education. Therefore, the purpose of this study is to conduct a synthesis study on argumentation in science education. In order to achieve this purpose, this topic will be reviewed under seven main headings within the current study. These are development of argumentation theory, argumentation approaches, argumentation models used in science education, student’s role in argumentation, teacher’s role in argumentation, activities that create an argumentation environment, difficulties associated with the implementation of the argumentation in the learning environment and scientific argumentation respectively.” (A18, p. 1).

desenvolvidos por historiadores e filósofos da ciência dão sentido para Práticas Científicas específicas (A29); como as estruturas colonialistas remanescentes ou transformadas continuam a moldar a ciência e a educação científica (A30); a fragmentação teórica do conceito de construção de sentido (*sensemaking*) na literatura (A31); cinco significados para modelação, sendo essa uma Prática Científica (A33); as representações visuais como objetos epistêmicos das Práticas Científicas (A36); o raciocínio científico em 6 estilos, como uma Prática Científica (A40); que uma base conceitual para a compreensão da qualidade dos dados representa uma mudança ontológica que aborda algumas questões de longa data na pesquisa, política, currículo e prática em Ensino de Ciências (A41).

4.5.3 Práticas Científicas e os estudantes (C3)

A categoria C3 correspondeu a 15,9% (7 artigos). Os artigos alocados nessa categoria discutem aspectos das Práticas Científicas focando nos estudantes. Esses artigos investigaram as crenças, emoções, ideias, compreensões e conhecimentos de estudantes de diferentes níveis de ensino e algumas relações com as Práticas Científicas.

Apresentamos um excerto de A02 para discussão:

O presente estudo examina atitudes implícitas contra a ciência entre adolescentes (idades 14-17) e estudantes universitários e examina um aspecto ainda não estudado, mas reconhecido como importante pelos educadores: a crença de que a ciência não é criativa. Lamentavelmente, prevemos que alunos de apenas 14 anos já podem ter chegado à conclusão implícita de que a ciência consiste em descobertas estabelecidas sobre o mundo, ao invés de um processo criativo e de investigação (A02, p. 44, tradução nossa)⁴⁷.

Notamos que o A02 investiga as crenças e atitudes implícitas dos estudantes. Nesse sentido, os alunos investigados apresentaram noções de que a prática cotidiana da ciência é não criativa e socialmente isolada. Para complementar, apresentamos outro excerto do A02 para discussão:

⁴⁷ No texto original: "The current study examines implicit attitudes against science among adolescents (ages 14-17) and college students, and examines an aspect as yet unstudied, but recognized as important by educators: the belief that science is not creative. Regrettably, we predict that students as young as 14 might already have come to the implicit conclusion that science consists of established findings about the world, rather than a creative process of investigation." (A02, p. 44).

O interesse por carreiras científicas para mulheres, mas não para homens, foi previsto por uma associação implícita entre ciência e criatividade. Essas descobertas ressaltam a importância das crenças implícitas sobre a natureza das práticas científicas para a compreensão do interesse de adolescentes e adultos emergentes nas carreiras científicas (A02, p. 40, tradução nossa)⁴⁸.

A partir do excerto destacado acima, notamos que os resultados mostram a importância do desenvolvimento das Práticas Científicas para o interesse dos estudantes por ciência e pelas carreiras científicas. Similarmente, o A05 investigou as emoções dos alunos sobre o ambiente de aprendizagem:

Envolver os alunos no processo de aprendizagem e promover emoções positivas em relação às ciências podem ser considerados aspectos importantes da Educação Científica. Neste estudo, exploramos as emoções dos alunos sobre várias características de um ambiente de aprendizagem especialmente projetado combinando modelagem e questões sócio científicas (A05, p. 253, tradução nossa)⁴⁹.

O A05 discute sobre modelagem e as questões sócio científicas como Práticas Científicas:

Apesar da crença de que as emoções são importantes no processo de aprendizagem, pesquisas na área de emoções e aprendizagem, principalmente em ciências, são escassas. A modelagem e a argumentação acerca de questões sócio científicas têm recebido uma ênfase compartilhada em relatórios de padrões científicos recentes como práticas científicas essenciais que precisam fazer parte do ensino e aprendizagem de ciências. Mesmo que haja evidências que apoiam a eficácia dessas competências no desempenho dos alunos, as emoções dos alunos sobre estas não foram exploradas. A ênfase neste artigo está nas emoções auto relatadas dos alunos sobre uma aula com foco na compreensão de uma questão sócio científica autêntica por meio do uso de modelos construídos pelos alunos. (A05, p. 240, tradução nossa)⁵⁰.

⁴⁸ No texto original: "Interest in science careers for women, but not for men, was predicted by a science-creative implicit association. These findings underscore the importance of implicit beliefs about the nature of scientific practice for understanding adolescents' and emerging adults' interest in science careers." (A02, p. 40).

⁴⁹ No texto original: "Engaging students in the learning process and promoting positive emotions towards science could be considered important aspects of science education. In this study, we explored students' emotions about various characteristics of a specially designed learning environment combining modeling and SSI." (A05, p. 253).

⁵⁰ No texto original: "Despite the belief that emotions are important in the learning process, research in the area of emotions and learning, especially in science, is scant. Modelling and SSI argumentation have shared with respect to the emphasis in recent science standards reports as core scientific practices that need to be part of science teaching and learning. Even though there is evidence supporting the effectiveness of these competences in students' achievement, students' emotions about these have not been explored. The emphasis in this paper is on students' self-reported emotions about a lesson focusing on understanding an authentic socio-scientific issue through the use of student constructed models." (A05, p. 240).

Assim, o A05 investiga as emoções auto relatadas dos alunos acerca de uma aula envolvendo questões sócio científicas, consideradas como uma das Práticas Científicas desenvolvidas pelos autores.

Os artigos alocados na C3 investigaram a relação entre Práticas Científicas e os estudantes, mais especificamente suas crenças e atitudes contra a ciência (A02); suas emoções acerca do ambiente de aprendizagem (A05); suas ideias sobre como os astrônomos estudam o Sistema Solar (A11); suas ideias acerca do ensino e aprendizagem de ciências (A21); suas atitudes durante o desenvolvimento de modelos científicos (A38); seus julgamentos de plausibilidade e conhecimentos durante uma atividade baseada no pensamento crítico (A43) e suas compreensões dos padrões de evolução (A44).

4.5.4 Práticas Científicas e as avaliações (C4)

A categoria C4 correspondeu a 11,4% (5 artigos). Nessa categoria, foram alocados artigos que discutem aspectos das Práticas Científicas focando em distintas modalidades de avaliações. Esses artigos investigaram: portfólios de avaliação de desempenho didático, itens de ecologia em avaliações em larga escala, itens de avaliações escolares, itens de química em avaliações em larga escala e uma tarefa de avaliação de desempenho virtual.

Apresentamos um excerto do A15 para discussão:

Especialistas em educação científica e avaliação de desempenho de professores desenvolveram uma intersecção projetada para destacar tarefas específicas dentro da edTPA⁵¹ de ciências secundárias; nessas tarefas, os professores de ciências em formação são solicitados a planejar, ensinar e avaliar seus alunos à medida que eles se envolvem na aprendizagem de ciências explicitamente alinhadas com o NGSS [Next Generation Science Standards]. Os pesquisadores neste estudo usaram métodos qualitativos para analisar artefatos de portfólio edTPA de professores de ciências em formação reais arquivados para testar a eficácia dessa intersecção. Evidências do envolvimento dos alunos nas Práticas Científicas do NGSS foram encontradas, confirmando alguns componentes, e as modificações do NGSS e da intersecção do edTPA são sugeridas com base nos resultados (A15, p. 44, tradução nossa)⁵².

⁵¹ O edTPA é um sistema de avaliação e apoio usado por programas de preparação de professores em todo os Estados Unidos.

⁵² No texto original: "Science education and teacher performance assessment experts have developed a crosswalk designed to highlight specific tasks within the secondary science edTPA; in these tasks, pre-service science teachers are prompted to plan, teach and assess their students as they engage in learning science explicitly aligned with the NGSS. The researchers in this study used qualitative methods to analyze archived actual pre-service science teacher edTPA portfolio artifacts to test the efficacy of this crosswalk. Evidence of student engagement in the NGSS scientific practices was

Notamos que o A15 analisou portfólios de professores de ciências em formação inicial. O edTPA é um sistema de avaliação e apoio baseado no desempenho dos professores, sendo específico para cada matéria e usado por programas de formação de professores em todos os Estados Unidos. O edTPA é uma avaliação específica para cada disciplina focada em três tarefas: Planejamento, Instrução e Avaliação. Assim, o A15 buscou avaliar a intersecção entre o edTPA e recomendações sugeridas pelo NGSS, entre elas o desenvolvimento das Práticas Científicas.

Já o A20 buscou investigar quais ideias ecológicas centrais e práticas científicas alguns itens de avaliação em larga escala exigem de alunos urbanos⁵³:

Examinar a validade de itens de avaliação que fundem ideias ecológicas fundamentais e práticas científicas com alunos urbanos são particularmente importantes, pois os alunos urbanos costumam ter menos experiências com a exploração de ideias ecológicas fora da escola (Bixler, Carlisle, Hammltt, Floyd, 2010; Frick, Birkenholz, Gardner, Machtmes, 1995). Assim, examinar as maneiras pelas quais os alunos interagem com as tarefas de avaliação podem nos fornecer evidências de validade para esses itens e pode nos permitir examinar as nuances no raciocínio dos alunos (A20, p. 4, tradução nossa)⁵⁴.

Notamos que o A20 busca investigar quais ideias ecológicas centrais e Práticas Científicas, questões de avaliação em larga escala exigem dos alunos. O artigo também investiga quais aspectos dessas questões de avaliação são difíceis para um grupo específico de alunos do ensino médio urbano.

Dentre os artigos alocados na categoria C4, esses investigaram: portfólios usados para *avaliar a performance didática* de licenciandos em ciências (A15); questões de ecologia de avaliações em larga escala (A20); maneiras de adaptar avaliações para melhor se encaixarem em um ensino baseado em Práticas

found, confirming some components, and modifications of the NGSS and edTPA Crosswalk are suggested based on the results.” (A15, p. 44).

⁵³ O artigo define aluno urbano como aquele que estuda em escolas localizadas em cidades grandes e densamente povoadas. Como resultado dessa população densa, as escolas intensivamente urbanas sofrem com recursos limitados e fatores fora da escola, como moradia, pobreza e transporte.

⁵⁴ No texto original: “Examining the validity of assessment items that fuse core ecological ideas and scientific practices with urban students is particularly important as urban students often have fewer experiences with exploring ecological ideas out of school (Bixler, Carlisle, Hammltt, Floyd, 2010; Frick, Birkenholz, Gardner, Machtmes, 1995). Thus, examining the ways in which urban students interact with the assessment tasks can provide us with validity evidence for these items and can allow us to examine the nuances in students’ reasoning.” (A20, p. 4).

Científicas, ideias centrais e conceitos transversais (A25); como as Práticas Científicas têm sido incorporadas nas avaliações para avaliar o conhecimento químico dos estudantes (A26); se evidências podem ser obtidas de uma Tarefa de Avaliação de Desempenho Virtual (VPA) para produzir uma estimativa das práticas científicas de investigação dos alunos (A35).

4.5.5 Práticas Científicas e os professores (C5)

A categoria C5 correspondeu a 9,1% (4 artigos). Nessa categoria, foram alocados artigos que discutem aspectos das Práticas Científicas focando nos professores. Esses artigos investigaram as mudanças nas concepções de professores, negociações do significado do trabalho de laboratório dos professores, a instrução em sala de aula após a participação em um programa de desenvolvimento profissional e um questionário para avaliar as concepções de professores acerca de modelagem e ciência.

Apresentamos um excerto do A07 para discussão:

Este estudo interpretativo qualitativo usou versões adaptadas das pesquisas e protocolos do *Views of Nature of Science* e *Views on Scientific Inquiry* para investigar mudanças na compreensão de 43 professores acerca da natureza da ciência e da investigação científica durante a participação em um dos três programas de pesquisa científica de verão. Cada programa forneceu aos participantes experiências de pesquisa ao lado de pesquisadores profissionais, bem como atividades destinadas a aumentar as habilidades dos participantes para fornecer atividades de aprendizagem de ciências baseadas em investigação para seus alunos (A07, p. 53, tradução nossa, grifo nosso)⁵⁵.

Notamos que o A07 investigou as mudanças de concepções de professores durante a participação de um programa de pesquisa. Em relação às Práticas Científicas, o A07 discute:

Pesquisadores da educação tem sugerido que as experiências de pesquisa científica, vivenciadas em primeira mão por professores podem ser um pré-requisito para a adoção do ensino orientado para a investigação e o uso de práticas científicas (Adamson et al., 2003; Dresner & Worley, 2006; Windschitl, 2003). No entanto, os dados para apoiar essas afirmações

⁵⁵ No texto original: "This qualitative interpretive study used an adapted Views of Nature of Science and Views on Scientific Inquiry surveys and protocols to investigate changes in 43 practicing teachers' understandings about the nature of science and scientific inquiry as a result of participation in one of three summer science research programs. Each program provided participants with research experiences alongside professional researchers as well as activities intended to increase participants' abilities to provide inquiry-based science learning activities for their students." (A07, p. 53).

resultantes de pesquisas sistemáticas em vários programas usando protocolos semelhantes são limitados. As recomendações desses autores, entre outros, e do National Science Education Standards (NSES) (NRC, 1996, 2011), afirmam que há melhores resultados no ensino de ciências quando os professores tiveram experiências de pesquisa autênticas como parte de sua formação. Em resposta às recomendações de que os professores teriam mais apoio para ajudar seus alunos a aprender práticas científicas autênticas, as oportunidades de pesquisa científica para professores se expandiram muito na última década. Esses programas de pesquisa existem atualmente nos Estados Unidos e são administrados por universidades, laboratórios nacionais e organizações privadas (A07, p. 53-54, tradução nossa)⁵⁶.

De acordo com o A07, a participação de professores, durante sua formação, em experiências de pesquisas pode contribuir para um ensino baseado no uso de Práticas Científicas. Apesar disso, são necessárias mais pesquisas que examinem as mudanças de concepções e atitudes de professores expostos a essas experiências.

Já o A08 investigou a negociação de significado de professores acerca do trabalho de laboratório em um programa de desenvolvimento profissional. Apresentamos um excerto de A08 para discussão:

Este estudo teve como objetivo explorar a negociação de significado dos professores do Ensino Médio sobre o trabalho de laboratório em um programa de desenvolvimento profissional. No total, 15 professores em serviço participaram do programa. No programa, as tensões entre as ideias-chave sobre a forma tradicional de abordar o trabalho de laboratório - com ênfase no conteúdo e habilidades - versus as ideias-chave sobre o trabalho de laboratório como uma forma de reproduzir ou espelhar aspectos das práticas científicas do mundo real - com ênfase na natureza da ciência como processo - foi destacado (A08, p. 26, tradução nossa)⁵⁷.

⁵⁶ No texto original: "Education researchers have suggested that teachers' firsthand science research experiences may be a prerequisite for adopting inquiry-oriented teaching of scientific practices (Adamson et al., 2003; Dresner & Worley, 2006; Windschitl, 2003). However, data to support these assertions resulting from systematic research across multiple programs using similar protocols is highly limited. The recommendations of these authors, among others, and the National Science Education Standards (NSES) (NRC, 1996, 2011), assert better science teaching results when teachers have had authentic research experiences as a part of teacher education. In response to recommendations that teachers would be better supported in helping their students learn authentic scientific practices, scientific research opportunities for teachers have expanded greatly in the last decade. These research programs now exist throughout the United States and are run by universities, national laboratories, and private organizations." (A07, p. 53-54).

⁵⁷ No texto original: "This study aimed to explore lower secondary teachers' negotiation of the meaning of laboratory work in a professional development program. A total of 15 in-service teachers participated in the program. In the program, tensions between key ideas concerning traditional way of addressing laboratory work – with emphasis on subject content and skills – versus key ideas concerning laboratory work as a way of imitating aspects of real-world scientific practices – with emphasis on nature of science as process – was highlighted." (A08, p. 26).

Notamos que o A08 investigou a negociação do significado do trabalho de laboratório de professores do Ensino Médio. Foi percebida uma dificuldade dos professores em distinguir entre a ciência como um produto e um processo e, portanto, a habilidade de combinar o trabalho de laboratório como um método de ensino que espelha as Práticas Científicas e fornece uma visão sobre a natureza da ciência.

O A08 também discute acerca dos professores que alcançaram uma consciência profunda acerca do ensino de ciências baseado em investigação:

Aqueles professores que alcançaram um conhecimento profundo do IBST [ensino de ciências baseado em investigação] e seus objetivos poderão, a partir de uma visão otimista, envolver seus alunos em atividades que modelem aspectos cruciais das práticas científicas com mais precisão e vincular essas atividades à situações em que as afirmações de conhecimento são usadas da mesma maneira que são no cotidiano: para tomar decisões e como uma base para argumentar no debate público e privado (A08, p. 45, tradução nossa)⁵⁸.

Em relação às Práticas Científicas, os artigos alocados discutiram que experiências de pesquisa científica para professores podem ajudá-los a envolver seus alunos em Práticas Científicas (A07); alguns professores compreenderam o trabalho de laboratório como uma forma de espelhar Práticas Científicas (A08); o programa de desenvolvimento profissional de verão, o *Summer Ecology Institute for Teachers*, que objetivou promover situações nas quais professores e seus alunos puderam aprender ciências de maneiras que reflitam os métodos e Práticas Científicas (A17); a validação de um questionário que investiga as concepções de professores acerca de ciência e modelagem, já que a modelagem científica para o Ensino de Ciências pode favorecer uma visão da ciência adequada para as Práticas Científicas (A24).

4.5.6 Práticas Científicas e o currículo (C6)

⁵⁸ No texto original: "Those teachers that achieved a deep awareness of IBST and its aims will hopefully engage their students in activities that model crucial aspects of scientific practices more accurately, and link these activities to situations in which knowledge claims are used in the same way as they are in day to day life: to make decisions and as a basis for argument in public and private debate." (A08, p. 45).

A categoria C6 correspondeu a 2,3% (1 artigo). Essa categoria investiga aspectos das Práticas Científicas focando no currículo. Apresentamos um excerto do A39 para discussão:

Este artigo apresenta um estudo sobre as práticas científicas no currículo e nos planos de formação em ciências na Educação Infantil (ECE). As questões de pesquisa são: 1) Como as práticas científicas estão integradas no currículo da Educação Infantil? (A39, p. 7, tradução nossa)⁵⁹.

Vemos que a primeira pergunta de pesquisa do A39 diz respeito às Práticas Científicas no currículo da Educação Infantil e como essas estão integradas. Conforme o A39,

Os resultados mostram que a prática científica com maior presença no currículo é a investigação, seguida por modelagem e argumentação. A observação é a operação de investigação mais frequente. A explicação de fenômenos (naturais) é a operação de modelagem mais frequente, e entre as práticas de argumentação, vale ressaltar que o uso e a identificação de evidências aparecem em todos os elementos prescritivos (A23, p. 23, tradução nossa)⁶⁰.

Além da investigação da integração das Práticas Científicas no currículo da Educação Infantil, o A39 também investigou a presença das Práticas Científicas nas disciplinas de formação inicial de professores:

A análise dos primeiros planos de professores da Educação Infantil de formação inicial em nossas universidades mostram que duas disciplinas obrigatórias no Ensino de Ciências fazem referência às práticas científicas (A39, p. 23, tradução nossa)⁶¹.

Dessa forma, notamos que o A39 investigou o currículo da Educação Infantil, bem como da formação inicial de professores, a fim de encontrar como as Práticas Científicas estão inseridas no currículo desse nível de ensino.

⁵⁹ No texto original: "This paper presents a study about scientific practices in the curriculum and in teacher training plans in science in Early Childhood Education (ECE). The research questions are: 1) How are scientific practices integrated in the Early Childhood Education curriculum?" (A39, p. 7)

⁶⁰ No texto original: "The results show that the scientific practice with highest presence in the curriculum is inquiry, followed by modelling and argumentation. Observation is the most frequent operation of inquiry. The explanation of (natural) phenomena is the most frequent operation of modelling, and among the argumentation practices, it is noteworthy that using and identifying evidences appears in all the prescriptive elements." (A23, p. 23).

⁶¹ No texto original: "The analysis of early childhood teachers' initial training plans in our universities show that two compulsory subjects on science education make reference to scientific practices." (A39, p. 23).

4.5.7 Uma análise crítica dos contextos de pesquisas a respeito das práticas científicas

Apresentamos, no Quadro 18, os contextos de pesquisa investigados pelos autores dos artigos analisados que envolvem aspectos relacionados às Práticas Científicas.

Quadro 18 - Contextos de pesquisa investigados

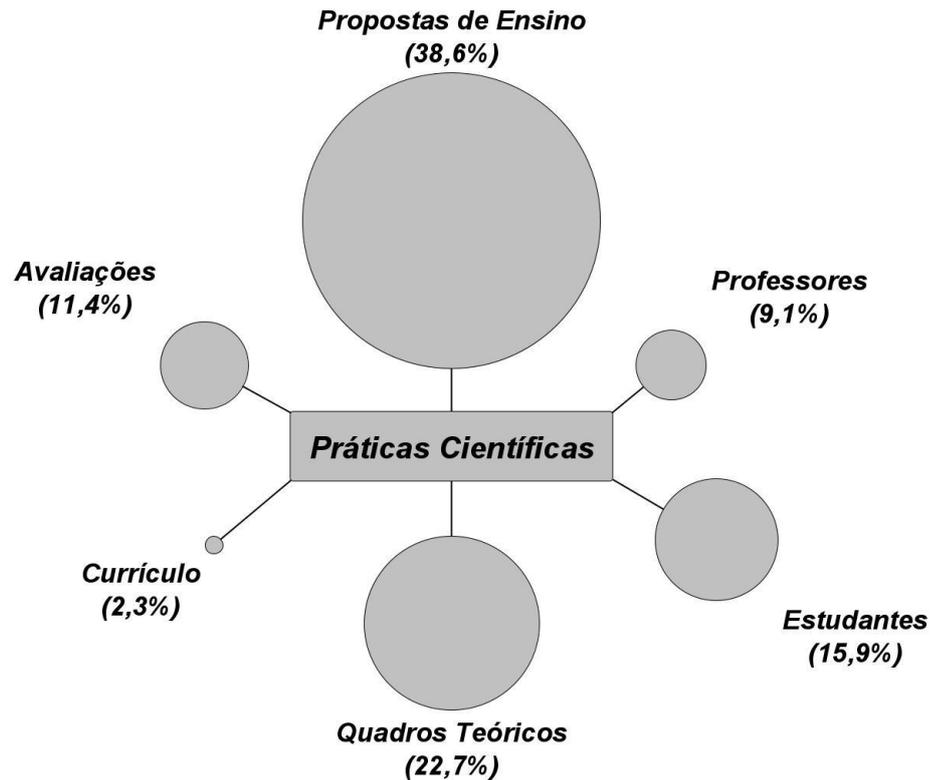
Categoria	Contexto	Quantidade de artigos (porcentagem)
C1	Práticas Científicas e propostas de ensino	17 (38,6%)
C2	Práticas Científicas e distintos quadros teóricos	10 (22,7%)
C3	Práticas Científicas e os estudantes	7 (15,9%)
C4	Práticas Científicas e as avaliações	5 (11,4%)
C5	Práticas Científicas e os professores	4 (9,1%)
C6	Práticas Científicas e o currículo	1 (2,3%)

Fonte: os autores

Os contextos mais representativos do *corpus* foram, em ordem decrescente: Práticas Científicas e propostas de ensino (C1); Práticas Científicas e distintos quadros teóricos (C2); Práticas Científicas e os estudantes (C3); Práticas Científicas e as avaliações (C4); Práticas Científicas e os professores (C5) e Práticas Científicas e o currículo (C6). Em relação à representatividade de cada contexto de pesquisa, apresentamos a Figura 4, na qual os 6 contextos de pesquisa são representados por 6 *nodes*⁶² circulares. Cada *node* contém um título indicando o contexto de pesquisa e a porcentagem de artigos alocados. Os diâmetros dos *nodes* são equivalentes às porcentagens, facilitando a visualização dos contextos mais e menos representativos.

Figura 4 - Diagrama da representatividade dos contextos de pesquisa

⁶² Termo utilizado para designar objetos gráficos usados para representar visualmente as informações geométricas, uma entidade ou quaisquer outros tipos de dados.



Fonte: os autores

A partir do Quadro 18 e da Figura 4, observamos que, nos artigos analisados nesta pesquisa, houve uma maior tendência em estudar práticas científicas e propostas de ensino, ou seja, artigos que discutem aspectos das Práticas Científicas a partir de distintas propostas de ensino, uma vez que 38,6% dos artigos foram alocados à C1.

A categoria C1 também permite o conhecimento das abordagens relacionadas às práticas científicas até o momento: simulações (A03); experimentos (A04); especialidades de mérito dos escoteiros (A06); abordagens pedagógicas para alunas afro-americanas urbanas (A09); envolvimento parental (A10); um modelo para literacia estatística (A12); programas de desenvolvimento específicos (A13, A16); rotinas escolares e universitárias (A14); A Abordagem de Confluência (*The Confluence Approach*) (A19); Investigação com base em argumentos (*Argument Driven Inquiry*) (A22); ensino por investigação (A27); um recurso online (A28); uma estrutura educacional baseada em atividades (A32); a lousa digital interativa (A34); projetos de feiras de ciências (A37) e controvérsias na Ciência (A42).

A identificação de tais abordagens e as referências dos artigos no Quadro 6 permitem que outros pesquisadores conheçam as abordagens

investigadas até então e seu potencial para o envolvimento nas práticas científicas, bem como investiguem o potencial de outras abordagens ainda não exploradas.

Por outro lado, houve poucas pesquisas que investigaram os alunos e as Práticas Científicas (7 artigos) e menos ainda que investigaram os professores e as Práticas Científicas (4 artigos). É necessário mais pesquisas que investiguem a relação entre Práticas Científicas e alunos e Práticas Científicas e os professores, ou seja, os sujeitos envolvidos nos processos de ensino e de aprendizagem de Ciências. Pesquisas nesse sentido nos permitirão compreender: como os professores incorporam as Práticas Científicas em seus planos de aulas e nas aulas propriamente ministradas e quais práticas científicas estão sendo muito e/ou pouco desenvolvidas pelos professores.

Faz-se necessário, também, outras pesquisas que investiguem as relações entre os alunos e as Práticas Científicas. Pesquisas nesse sentido podem permitir uma visão mais clara de como os estudantes têm se envolvido com as Práticas Científicas, bem como, se o engajamento com Práticas Científicas tem fornecido uma melhor compreensão dos conteúdos e da natureza da ciência.

Progressões de aprendizagem⁶³ precisam ser elaboradas para diferentes conteúdos de Ciências e suas disciplinas específicas (Química, Física, Biologia), a fim de dar sugestões de como trabalhar cada Prática em diferentes anos da escola, de forma progressiva. No *corpus* analisado, um estudo semelhante foi realizado apenas pelo artigo A44 para o conteúdo de evolução. Outras progressões de aprendizagem também precisam ser elaboradas para outros conteúdos base para melhor compreendermos como as Práticas Científicas podem ser articuladas ao longo dos anos escolares. Isso também ajudará a entender melhor quais disciplinas e conteúdos possuem maior potencial para envolver os estudantes em Práticas Científicas específicas.

Pesquisas nesse sentido são recomendadas pelo NRC (2012), pois ajudam a apoiar os professores na adoção de um Ensino de Ciências envolvendo Práticas Científicas.

Também são necessárias mais pesquisas envolvendo práticas científicas na formação inicial. Poucos artigos investigaram licenciandos/futuros professores (2,3%). O A21, por exemplo, investigou as ideias de licenciandos sobre

⁶³ Sugestões de como trabalhar cada Prática Científica em diferentes anos escolares, de forma progressiva.

o ensino e a aprendizagem de ciências após participarem de programas de extensão. Mais pesquisas envolvendo licenciandos são relevantes, pois incluir discussões acerca da articulação das Práticas Científicas na formação inicial tornará os futuros professores mais seguros em envolver essas práticas em futuras experiências de ensino. Esse tipo de pesquisa pode apresentar resultados acerca desses processos. Isso está alinhado com a baixa quantidade de artigos envolvendo Práticas Científicas e currículo (2,3%). Apenas o A39 estudou as Práticas Científicas no currículo e nos planos de formação em ciências na Educação Infantil. O A39 também relatou que houve menção às Práticas Científicas em duas disciplinas da formação inicial de professores de Ciências, porém mais pesquisas em outros contextos precisam ser realizadas.

4.6 UMA VISÃO GERAL DOS RESULTADOS

Apresentamos, no Quadro 19, uma síntese dos resultados encontrados, reunindo as informações anteriormente discutidas, especificamente acerca das categorias dos contextos e as categorias das compreensões, indicando na primeira coluna o código do artigo, na segunda coluna o contexto identificado (C1-C6) e na terceira coluna a compreensão (D1-D3). Destacamos que o objetivo do Quadro 19 não é indicar novas interpretações ou complementar as discussões, mas apenas reunir as categorias anteriormente discutidas em um só local.

Quadro 19 – Quadro síntese

Artigo	Contexto	Compreensão
A01	C2	D1
A02	C3	D3
A03	C1	D1
A04	C1	D3
A05	C3	D3
A06	C1	D1
A07	C5	D1
A08	C5	D3
A09	C1	D1
A10	C1	D1
A11	C3	D1
A12	C1	D3
A13	C1	D1
A14	C1	D2
A15	C4	D1
A16	C1	D1
A17	C5	D1
A18	C2	D3

A19	C1	D1
A20	C4	D1
A21	C3	D3
A22	C1	D3
A23	C2	D1
A24	C5	D3
A25	C4	D1
A26	C4	D1
A27	C1	D1
A28	C1	D3
A29	C2	D2
A30	C2	D3
A31	C2	D1
A32	C1	D2
A33	C2	D2
A34	C1	D1
A35	C4	D1
A36	C2	D1
A37	C1	D1
A38	C3	D1
A39	C6	D1
A40	C2	D1
A41	C2	D2
A42	C1	D2
A43	C3	D2
A44	C3	D1

Fonte: os autores

Consideramos que as informações do Quadro 19 pode auxiliar o leitor a encontrar artigos do seu interesse para posterior estudo, principalmente em relação aos contextos (C1-C6) expressos no Quadro, já que estes informam quais aspectos ou sujeitos de pesquisa foram relacionados às Práticas Científicas em cada artigo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dados os resultados desta pesquisa, retomamos nossas questões de pesquisa: I) Quais são as características das publicações envolvendo Práticas Científicas? II) Quais são as compreensões acerca das Práticas Científicas expressas nas publicações? III) Em quais contextos os autores realizaram pesquisas envolvendo Práticas Científicas?

Dentre os 44 artigos analisados envolvendo Práticas Científicas no Ensino de Ciências, apenas 38,6% apresentaram o termo Práticas Científicas nos objetivos e problemas de pesquisa. Isso se deve ao fato de muitos artigos que não tiveram um enfoque principal nesse tema. Foi encontrada uma grande tendência de relacionar Práticas Científicas a propostas de ensino (C1). Esses artigos, muitas vezes, buscavam identificar as potencialidades de certas propostas de ensino e verificaram que a promoção das Práticas era uma delas. Assim, as discussões acerca das Práticas Científicas eram complementares. Apesar disso, todos os artigos do *corpus* apresentaram o termo no resumo. Logo, consideramos que existe uma lacuna nas pesquisas existentes, de uma necessidade de mais estudos com o enfoque principal em Práticas Científicas e o ensino/aprendizagem em Ciências em três dimensões (Práticas Científicas, Conceitos Transversais e Ideias Centrais). A lista de artigos que investigaram as Práticas Científicas com maior enfoque (A01, A06, A09, A12, A17, A20, A25, A26, A28, A29, A33, A34, A37, A38, A39, A41, A44) pode servir como base de leitura para pesquisadores que desejam desenvolver futuras pesquisas acerca do tema.

Não foi identificado um único autor com uma grande quantidade de publicações envolvendo Práticas Científicas. A Michigan State University, dos Estados Unidos, foi a instituição que mais publicou artigos envolvendo Práticas Científicas (9,1%). A maioria dos artigos (59,1%) foi da América do Norte. 40,9% envolveu países fora dos Estados Unidos, como pesquisas feitas por esses, ou como parcerias, dentre eles: Espanha, Inglaterra, Brasil, Turquia, Holanda, Austrália, África do Sul, Chipre, Suécia, Noruega, Chipre e Finlândia. Isso mostra que outros países, além dos Estados Unidos, também têm dado grande atenção às Práticas Científicas e realizado investigações acerca do tema, caracterizando as Práticas Científicas como um tema de pesquisa internacional na área de Ensino de Ciências.

O interesse por pesquisas envolvendo Práticas Científicas tem aumentado nos últimos anos, pois 89% dos estudos foram publicados entre 2015-2019. Esse fato pode ser justificado devido: 1) Ao impacto dos documentos do NRC (2012) e NGSS (2013) no Ensino de Ciências como um todo e 2) À preferência de alguns estudos em utilizar o conceito de aprendizagem tridimensional (Práticas Científicas, Conceitos Transversais, e Ideias Centrais) ao invés de *inquiry* para melhor esclarecer o que é e como pode ser feito um ensino de ciências por investigação. Isso corrobora com os estudos de Duschl e Bybee (2014) e Osborne (2014), que comentam que os padrões de ciência da nova geração estão passando por algumas mudanças, entre elas a mudança da investigação científica (*inquiry*) para a inclusão de Práticas Científicas.

Houve uma grande quantidade de pesquisas teóricas (25%). Devido à grande quantidade de pesquisas teóricas, 31,8% dos artigos não especificaram o nível de ensino investigado. Os sujeitos mais investigados foram os professores em serviço (13,6%). E a área mais investigada foi Ciências (56,8%).

84% dos artigos citaram referenciais para discutir Práticas Científicas. Essa porcentagem mostra que os artigos embasam suas discussões na literatura científica para discutir Práticas Científicas, não tratando o termo como algo vago. Os referenciais mais citados foram: NRC (2012) (67,6%) e NGSS (2013) (45,9%).

Em relação às compreensões acerca das Práticas Científicas, três grupos emergiram: D1: Artigos que apresentaram compreensões das Práticas Científicas alinhadas ao NRC; D2: Artigos que apresentaram outras compreensões para Práticas Científicas; e D3: Artigos que não apresentaram suas compreensões para Práticas Científicas.

Os artigos alocados no grupo D1 apresentaram compreensões das Práticas Científicas alinhadas ao NRC, constituindo a maioria dos artigos (59,1%). Seis principais ideias de Práticas Científicas puderam ser sintetizadas a partir das discussões desses artigos: Práticas Científicas enquanto processos do “fazer ciência”; Práticas Científicas como atividades que se assemelham às atividades realizadas por cientistas na construção do conhecimento; Práticas Científicas como uma das três dimensões para a aprendizagem científica; Práticas Científicas como um termo complexo e amplo, envolvendo conhecimento e habilidade; Práticas

Científicas como dependentes da disciplina em questão e Práticas Científicas como práticas de uma determinada comunidade.

Dentre essas ideias principais, identificamos uma lacuna nas pesquisas, pois sabemos que as Práticas Científicas são específicas para as disciplinas (D1.5), porém ainda não está claramente definido quais Práticas estão mais próximas de quais disciplinas. Isso é relevante, pois traz implicações para o que deve ser considerado no desenvolvimento de atividades e avaliações nas disciplinas específicas, bem como na melhor compreensão das ações discentes (o que os alunos de fato fazem) em cada disciplina.

No segundo grupo, D2, foram alocados artigos que apresentaram outras compreensões para Práticas Científicas, tomando como referenciais sociológicos, filosóficos ou históricos para compreender as Práticas Científicas. Consideramos que as compreensões do grupo D2 constituem-se como alternativas na área de Ensino de Ciências, devido à pouca quantidade de artigos que assumiram essas compreensões (15,9%), bem como o fato dessas compreensões serem diferentes entre si e não unificadas ou complementares como do grupo D1.

Por fim, no terceiro grupo, estão os artigos que não apresentaram de forma explícita suas compreensões para Práticas Científicas. Esses artigos não apresentaram definições para o termo Prática Científica, apenas o mencionaram. Consideramos relevante a inclusão de compreensões nos artigos, a fim de entender o que os autores compreendem como Práticas Científicas. Isso também se mostra importante devido às compreensões diferentes, ou alternativas, identificadas no *corpus*.

Após os movimentos analíticos e a apresentação dos resultados, no que diz respeito às compreensões acerca das Práticas Científicas, nosso entendimento é de que as Práticas Científicas são as atividades desenvolvidas pelos cientistas para construir conhecimentos, teorias e modelos acerca do mundo. O envolvimento direto dos alunos com as Práticas Científicas permite a construção de uma visão mais completa do que é ciência e do trabalho que o cientista realmente faz. Nesse entendimento, os alunos não só aprendem sobre a ciência, mas também possuem oportunidades de participarem em processos de “fazer” ciência.

Em relação aos contextos de pesquisa, foram identificados 6 contextos distintos relacionados aos seguintes aspectos: Práticas Científicas e propostas de ensino (C1); Práticas Científicas e distintos quadros teóricos (C2);

Práticas Científicas e os estudantes (C3); Práticas Científicas e as avaliações (C4); Práticas Científicas e os professores (C5) e Práticas Científicas e o currículo (C6). Devido à diversidade de contextos identificados, consideramos que os resultados desse movimento permitem uma visão do que tem sido estudado em relação às Práticas Científicas em Ensino de Ciências na última década.

As maiores tendências entre os contextos de pesquisa foram: Práticas Científicas e propostas de ensino (38,6%) e Práticas Científicas e distintos quadros teóricos (22,7%). Poucos artigos investigaram a relação Práticas Científicas e os estudantes (15,9%) e Práticas Científicas e os professores (9,1%).

É necessário mais pesquisas que investiguem a relação entre Práticas Científicas e alunos e Práticas Científicas e os professores. Pesquisas nesse sentido trazem implicações para um maior conhecimento de como os professores estão integrando as Práticas no Ensino de Ciências e como os alunos estão se envolvendo com as Práticas Científicas nas diferentes disciplinas.

Progressões de aprendizagem também precisam ser elaboradas para diferentes conteúdos em Ciências e suas disciplinas específicas, já que sabemos que uma das compreensões das Práticas Científicas é justamente a especificidade das Práticas para com as disciplinas (D1.5). Progressões, nessa perspectiva, podem ser úteis para informar maneiras de trabalhar cada Prática Científica em diferentes anos escolares, progressivamente. Conforme o NRC (2012), essas pesquisas podem ajudar os professores a ter uma maior intencionalidade e consciência dos usos das Práticas Científicas no Ensino de Ciências. Similarmente, pesquisas envolvendo licenciandos e Práticas Científicas podem favorecer os futuros professores a realizarem um Ensino de Ciências baseado nas três dimensões.

REFERÊNCIAS

- ARCHER, L.; DEWITT, J.; OSBORNE, J.; DILLON, J.; WILLIS, R.; WONG, B. Doing science versus being a scientist: Examining 10/11-year old school children's constructions of science through the lens of identity. **Science Education**, v. 94, p. 1-23, 2010.
- AYAR, M. C.; YALVAC, B. Lessons learned: authenticity, interdisciplinarity, and mentoring for STEM learning environments. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, v. 4, n. 1, p. 30-43, 2016.
- BARCELLOS, L., S.; COELHO, G. R. Uma Análise das Interações Discursivas em uma Aula Investigativa de Ciências nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental Sobre Medidas Protetivas Contra a Exposição ao Sol. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 179-199, 2019.
- BARDEEN, M.; WAYNE, M.; YOUNG, M. J. Quarknet: A unique and transformative physics education program. **Education Sciences**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2018.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BARGIELA, I. M.; MAURIZ, B. P.; ANAYA, P. B. Las prácticas científicas en infantil: una aproximación al análisis del currículum y planes de formación del profesorado de Galicia. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 36, n. 1, p. 7-23, 2018.
- BERLAND, L.K.; SCHWARZ, C.V.; KRIST, C.; KENYON, L.; LO, A.S.; REISER, B. Epistemologies in practice: Making scientific practices meaningful for students. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 53, n. 7, p. 1082–1112, 2016.
- BIEREMA, A. M. K., SCHWARZ, C. V., & STOLTZFUS, J. R. Engaging undergraduate biology students in scientific modeling: Analysis of group interactions, sense-making, and justification. **CBE - Life Sciences Education**, v. 16, n. 4, p. 1-16, 2017.
- BOGAR, Y. Synthesis Study on Argumentation in Science Education. **International Education Studies**, v. 12, n. 9, p. 1-14, 2019.
- BOISSELLE, L. N. Decolonizing science and science education in a postcolonial space (Trinidad, a developing Caribbean nation, illustrates). **Sage Open**, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2016.
- BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; DA SILVEIRA, F. L. Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la física. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, v. 6, n. 1, p. 43-61, 2011.

BRANDRIET, A.; REED, J. J.; HOLME, T. A historical investigation into item formats of ACS exams and their relationships to science practices. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 11, p. 1798-1806, 2015.

BROIETTI, F. C. D.; NORA, P. S.; COSTA, S. L. R. Dimensions of Science Learning: a study on PISA test questions involving chemistry content. **Acta Scientiae**, v. 21, n. 1, p. 95-115, 2019.

BROWNSTEIN, E. M.; HORVATH, L. Next Generation Science Standards and edTPA: Evidence of Science and Engineering Practices. **Electronic Journal of Science Education**, v. 20, n. 4, p. 44-62, 2016.

BUCK, G. A.; AKERSON, V. L.; QUIGLEY, C. F.; WEILAND, I. S. Exploring the Potential of Using Explicit Reflective Instruction through Contextualized and Decontextualized Approaches to Teach First-Grade African American Girls the Practices of Science. **Electronic Journal of Science Education**, v. 18, n. 6, 2014.

BUXNER, S. R. Exploring how research experiences for teachers changes their understandings of the nature of science and scientific inquiry. **Journal of Astronomy & Earth Sciences Education**, v. 1, n. 1, p. 53-68, 2014.

BYBEE, R. Scientific and engineering practices in K-12 classrooms. **The Science Teacher**, v. 78, n. 9, p. 34-40, 2011.

BYBEE, R. W. Scientific and engineering practices in K-12 classrooms: Understanding a framework for K-12 science education. **Science and Children**, v. 78, n. 4, 2011.

CARPENTER, S. L. Undergraduates' perceived gains and ideas about teaching and learning science from participating in science education outreach programs. **Journal of Higher Education Outreach and Engagement**, v. 19, n. 3, p. 113-146, 2015.

CHI, M.; DE LEEUW, N.; CHIU, M. H.; LAVANCHER, C. Eliciting Self-Explanations Improves Understanding. **Cognitive Science**, v. 18, p. 439-477, 1994.

COLLINS, H.; PINCH, T. **The Golem**: what everyone should know about science. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, 1993.

COSTA, S. L. R.; OBARA, C. E.; BROIETTI, F. C. D. Critical thinking in Science education and Mathematics education: research trends of 2010-2019. **Research Society and Development**, v. 9, n. 9, p. 1-30, 2020.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 9, n. 5, p. 31-40, 1999.

DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLAR, R.; SCOTT, P. **Young People's Images of Science**. Buckingham, Inglaterra: Open University Press, 1996.

DUNLOP, L.; VENEU, F. Controversies in Science. **Science & Education**, v. 28, n. 6, p. 689-710, 2019.

DUSCHL, R. A.; BYBEE, R. W. Planning and carrying out investigations: An entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. **International Journal of STEM Education**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2014.

DUSCHL, R.; SCHWEINGRUBER, H. A.; SHOUSE, A. **Taking science to school**. Washington DC: National Academies Press, 2008.

EBERBACH, C.; CROWLEY, K. From everyday to scientific observation: How children learn to observe the biologist's world. **Review of Educational Research**, v. 79, n. 1, p. 39-68, 2009.

ELLIOTT, K. C.; CHERUVELIL, K. S.; MONTGOMERY, G. M.; SORANNO, P. A. Conceptions of good science in our data-rich world. **BioScience**, v. 66, n. 10, p. 880-889, 2016.

ENGELS, M.; MILLER, B.; SQUIRES, A.; JENNEWEIN, J. S.; EITEL, K. The Confluence Approach: Developing scientific literacy through project-based learning and place-based education in the context of NGSS. **Electronic Journal of Science Education**, v. 23, n. 3, p. 33-58, 2019.

ERENLER, S.; CETIN, P. S. Utilizing Argument-Driven-Inquiry to Develop Pre-Service Teachers' Metacognitive Awareness and Writing Skills. **International Journal of Research in Education and Science**, v. 5, n. 2, p. 628-638, 2019.

EVAGOROU, M.; ERDURAN, S.; MÄNTYLÄ, T. The role of visual representations in scientific practices: from conceptual understanding and knowledge generation to 'seeing' how science works. **International Journal of STEM Education**, v. 2, n. 11, p. 1-13, 2015.

FINK, A. **Conducting research literature reviews**: From the Internet to paper. 2 ed. Thousand Oaks, Estados Unidos: Sage, 2005.

FORD, M. Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 404-423, 2008.

FORD, M. J. 'Grasp of Practice' as a reasoning resource for inquiry and nature of science understanding. **Science and Education**, v. 17, n. 2, p. 147-177, 2006.

FORD, M. J. Educational implications of choosing "practice" to describe science in the Next Generation Science Standards. **Science Education**, v. 99, n. 6, p. 1041-1048, 2015.

FORD, M. J.; WARGO, B. M. Dialogic framing of scientific content for conceptual and epistemic understanding. **Science Education**, v. 96, n. 3, p. 369-391, 2011.

FORD, M. J.; WARGO, B. M. Routines, roles, and responsibilities for aligning scientific and classroom practices. **Science Education**, v. 91, p. 133-157, 2006.

GILBERT, J.; BOULTER, C. **Developing models in science education**. Dordrecht, Holanda: Kluwer, 2000.

GOLDACRE, B. **Bad Science**. Londres, Inglaterra: HarperCollins, 2008.

GOTWALS, A. W.; HOKAYEM, H.; SONG, T.; SONGER, N. B. The Role of Disciplinary Core Ideas and Practices in the Complexity of Large-Scale Assessment Items. **Electronic Journal of Science Education**, v. 17, n. 1, p. 1-24, 2013.

GUNNING, A. M.; MARRERO, M. E.; MORELL, Z. Family Learning Opportunities in Engineering and Science. **Electronic Journal of Science Education**, v. 20, n. 7, p. 1-25, 2016.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. A typology of school science models. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 9, p. 1011–1026, 2002.

HART, C. **Doing a literature review**: Releasing the social science research imagination. Thousand Oaks, Estados Unidos: Sage, 1998.

HOUSEAL, A. K. A Visual Representation of Three Dimensional Learning: A Model for Understanding the Power of the Framework and the NGSS. **Electronic Journal of Science Education**, v. 20, n. 9, p. 1-7, 2016.

IWUANYANWU, P. N. What We Teach in Science, and What Learners Learn: A Gap That Needs Bridging. **Pedagogical Research**, v. 4, n. 2, p. 1-12, 2019.

JETTON, T. L.; Shanahan, C. H. **Adolescent literacy in the academic disciplines**: General principles and practical strategies. New York, Estados Unidos: The Guilford Press, 2012.

KELLY, G. J. Inquiry, activity, and epistemic practice. In: R. DUSCHL, R.; GRANDY, R. (Eds.). **Teaching scientific inquiry**: Recommendations for research and implementation. Rotterdam: Sense Publishers, 2008.

KIND, P.; OSBORNE, J. Styles of scientific reasoning: A cultural rationale for science education. **Science Education**, v. 101, n. 1, p. 8-31, 2017.

KOOMEN, M. H.; BLAIR, R.; YOUNG-ISEBRAND, E.; OBERHAUSER, K. S. Science professional development with teachers: Nurturing the scientist within. **Electronic Journal of Science Education**, v. 18, n. 6, p. 1-28, 2014.

KOOMEN, M. H.; RODRIGUEZ, E.; HOFFMAN, A.; PETERSEN, C.; OBERHAUSER, K. Authentic science with citizen science and student-driven science fair projects. **Science Education**, v. 102, n. 3, p. 593-644, 2018.

KUHN, D. Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. **Science Education**, v. 77, n. 3, p. 319–337, 1993.

LATOURE, B.; WOOLGAR, S. **Laboratory life**: The construction of scientific facts. Princeton, Estados Unidos: Princeton University Press, 1986.

LEMKE, J. **Talking science**: Language, learning and values. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing, 1990.

LOMBARDI, D.; BICKEL, E. S.; BAILEY, J. M.; BURRELL, S. High school students' evaluations, plausibility (re)appraisals, and knowledge about topics in Earth science. **Science Education**, v. 102, n. 1, p. 153-177, 2018.

LÓPEZ, V.; GRIMALT-ÁLVARO, C.; COUSO, D. ¿Cómo ayuda la Pizarra Digital Interactiva (PDI) a la hora de promover prácticas de indagación y modelización en el aula de ciencias?. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 15, n. 3, p. 330201-330215, 2018.

LUEHMANN, A. L. Students' perspectives of a science enrichment programme: Out-of-school inquiry as access. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 13, p. 1831–1855, 2009.

LUNDE, T.; RUNDGREN, S. N. C.; DRECHSLER, M. Exploring the negotiation of the meaning of laboratory work in a continuous professional development program for lower secondary teachers. **Electronic Journal of Science Education**, v. 20, n. 8, p. 26-48, 2016.

MARTINS, I. P.; VEIGA, M. L.; TEIXEIRA, F.; TENREIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M.; RODRIGUES, A. V.; COUCEIRO, F. **Explorando: educação em ciências e ensino experimental**: formação de professores. Lisboa, Portugal: Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, 2007.

MCROBBIE, C.; THOMAS, G. They don't teach us to explain, they only tell us other people's explanations. *In*: **The European Association for Research on Learning**, 2001, Fribourg, Suíça.

MICHAELS, S.; SHOUSE, A. W.; SCHWEINGRUBER, H. A. **Ready, set, science!**: Putting research to work in k-12 science classrooms. Washington, DC, Estados Unidos: National Research Council, 2008.

MINNER, D. D.; LEVY, A. J.; CENTURY, J. Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, p. 474–496, 2010.

National Commission on Excellence in Education. **A nation at risk: The imperative for educational reform**. The Elementary School Journal, v. 84, n. 2, p. 113-130, 1983.

National Research Council. **Everybody Counts:A Report to the Nation of the Future of Mathematics Education**. Washington, DC, Estados Unidos: National Academy Press, 1989.

National Research Council. **National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy Press, 1996.

National Research Council. **Taking science to school**: Learning and teaching science in grades K-8. Washington, Estados Unidos: National Academies Press, 2007.

NCTM (National Council of Teachers of Mathematics). **Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics**. Reston,VA: NCTM, 1989.

NGSS Lead States. **Next generation science standards**: For states, by states. Washington, DC, Estados Unidos: The National Academy Press, 2013.

NICOLAOU, C. Elementary School Students' Emotions When Exploring an Authentic Socio-Scientific Issue through the Use of Models. **Science Education International**, v. 26, n. 2, p. 240-259, (2015).

NORA, P. S. **As dimensões da aprendizagem científica em questões do PISA que abordam conteúdos químicos**. 2017. 202 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2017.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **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. 385p. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-educationpracticescrosscutting-concepts>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

NRC. **Developing assessments for the Next Generation Science Standards**. Washington, DC: National Academy Press, 2013.

NTSA - National Science Teaching Association. K–12 Science Standards Adoption. National Science Teaching Association. Disponível em: <<https://ngss.nsta.org/About.aspx>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

O'MALLEY, M.; ELLIOTT, K. C.; BURIAN, R. From genetic to genomic regulation: Iterative methods in miRNA research. **Studies in History and Philosophy of Biology and Biomedical Sciences**, v. 41, p. 407–417, 2010.

ODDEN, T. O. B.; RUSS, R. S. Defining sensemaking: Bringing clarity to a fragmented theoretical construct. **Science Education**, v. 103, p. 187-205, 2019.

OKOLI, C. A Guide to Conducting a Standalone Systematic Literature Review. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 37, n. 43, p. 879 – 910, 2015.

OLIVA, J. M. Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, v. 37, n. 2, p. 5-24, 2019.

OSBORNE, J. Teaching scientific practices: meeting the challenge of change. **Journal of Science Teacher Education**, v. 25, n. 2, p. 177–196, 2014.

PALMA, C.; PLUMMER, J.; RUBIN, K.; FLAREND, A.; ONG, Y. S.; MCDONALD, S.; GHENT, C.; GLEASON, T.; FURMAN, T. Have Astronauts Visited Neptune? Student Ideas about How Scientists Study the Solar System. **Journal of Astronomy & Earth Sciences Education**, v. 4, n. 1, p. 63-74, 2017.

PASSMORE, C.; STEWART, J. A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 3, p. 185-204, 2002.

PETTICREW, M.; ROBERTS, H. **Systematic reviews in the social sciences: A practical guide**. Oxford, Inglaterra: Blackwell Publishing, 2006.

PICKERING, A. **The mangle of practice: Time, agency, and science**. Chicago, Estados Unidos: The University of Chicago Press, 1995.

PRINS, G. T.; BULTE, A. M. W.; VAN DRIEL, J. H.; PILOT, A. Students' involvement in authentic modelling practices as contexts in chemistry education. **Research in Science Education**, v. 39, n. 5, p. 681–700, 2009.

PRINS, G. T.; BULTE, A. M.; PILOT, A. Designing context-based teaching materials by transforming authentic scientific modelling practices in chemistry. **International Journal of Science Education**, v. 40, n. 10, p. 1108-1135, 2018.

REED, J. J.; BRANDRIET, A. R.; HOLME, T. A. Analyzing the role of science practices in ACS exam items. **Journal of Chemical Education**, v. 94, n. 1, p. 3-10, 2017.

RIEDINGER, K.; TAYLOR, A. "I Could See Myself as a Scientist": The Potential of Out-of-School Time Programs to Influence Girls' Identities in Science. **Afterschool Matters**, v. 23, n. 1-7, 2016.

ROBERTS, R.; JOHNSON, P. Understanding the quality of data: a concept map for 'the thinking behind the doing' in scientific practice. **The Curriculum Journal**, v. 26, n. 3, p. 345-369, 2015.

RODRIGUEZ, B.; JARAMILLO, V.; WOLF, V.; BAUTISTA, E.; PORTILLO, J.; BROUKE, A.; MIN, A.; MELENDEZ, A.; AMANN, PENNA-FRANCESCH, A.; ASHCROFT, J. Contextualizing technology in the classroom via remote access: using space exploration themes and scanning electron microscopy as tools to promote engagement in geology/chemistry experiments. **JOTSE: Journal of technology and science education**, v. 8, n. 1, p. 86-95, 2018.

ROSENBERG, J. M.; LAWSON, M. A. An investigation of students' use of a computational science simulation in an online high school physics class. **Education Sciences**, v. 9, n. 1, 2019.

ROSENSHINE, B.; MEISTER, C.; CHAPMAN, S. Teaching students to generate questions: A review of the intervention studies. **Review of Educational Research**, v. 66, 181–221, 1996.

ROWLAND, S.; HARDY, J.; COLTHORPE, K.; PEDWELL, R.; KUCHEL, L. CLIPS (Communication Learning in Practice for Scientists): A New Online Resource Leverages Assessment to Help Students and Academics Improve Science Communication. **Journal of microbiology & biology education**, v. 19, n. 1, p. 1-4, 2018.

SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. The Significance of Content Knowledge for Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: Applying Genetics Knowledge to Genetic Engineering Issues. **Science Education**, v. 89, n. 1, p. 71-93, 2004.

SCALISE, K.; CLARKE-MIDURA, J. The many faces of scientific inquiry: Effectively measuring what students do and not only what they say. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 55, n. 10, p. 1469-1496, 2018.

SCHWAB, J. J. **The Teaching of Science as Enquiry**. Cambridge, Estados Unidos: Harvard University Press, 1962.

SCHWARZ, C. V.; REISER, B. J.; DAVIS, E. A.; KENYON, L.; ACHÉR, A.; FORTUS, D.; SHWARTZ, Y.; HUG, B.; KRAJCIK, J. Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, n. 6, p. 632–654, 2009.

SILVA, M. S. B.; SILVA, D. M.; KASSEBOEHMER, A. C.; Atividade investigativa teórico-prática de Química para estimular práticas científicas. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 4, p. 360-368, 2019.

SOUSA, A. S.; VIEIRA, R. M. O pensamento crítico na educação em Ciências: revisão de estudos no Ensino Básico em Portugal. **Revista da Faculdade de Educação**, v. 29, n. 1, p. 15-33, 2019.

STRAUSS, A. L. **Inquiry 101: Thinking like a scientist**. Minnesota, Estados Unidos: University of Minnesota Extension, 2012.

TENOPIR, C.; KING, D. W. **Communication patterns of engineers**. Hoboken, New York: Wiley, 2004.

TENREIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática. **Revista Brasileira de Educação**, v. 18, n. 52, p. 163-242, 2013.

The National Academies: An Overview. National Academies. Disponível em: <<http://www.nationalacademies.org/about/index.html>>. Acesso em: 05 de ago. 2019.

TRACTENBERG, R. E. How the Mastery Rubric for Statistical Literacy can generate actionable evidence about statistical and quantitative learning outcomes. **Education Sciences**, v. 7, n. 1, 2017.

UNDERWOOD, S. M.; POSEY, L. A.; HERRINGTON, D. G.; CARMEL, J. H.; COOPER, M. M. Adapting assessment tasks to support three-dimensional learning. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 2, p. 207-217, 2018.

VALENTI, S. S.; MASNICK, A. M.; COX, B. D.; OSMAN, C. J. Adolescents' and Emerging Adults' Implicit Attitudes about STEM Careers: "Science Is Not Creative". **Science Education International**, v. 27, n. 1, p. 40-58, 2016.

VICK, M. E.; GARVEY, M. P. Environmental Science and Engineering Merit Badges: An Exploratory Case Study of a Non-Formal Science Education Program and the US Scientific and Engineering Practices. **International Journal of Environmental and Science Education**, v. 11, n. 18, p. 11675-11698, 2016.

VOM BROCKE, J.; SIMONS, A.; NIEHAVES, B.; RIEMER, K.; PLATTFAUT, R.; CLEVEN, A. Reconstructing the giant: On the importance of rigour in documenting

the literature search process. *In: 17th European Conference on Information Systems, 2009, Verona, Itália.*

WATSON, R.; SWAIN, J.; MCROBBIE, C. Students' discussions in practical scientific enquiries. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 1, p. 25–46, 2004.

WEISS, I. R.; PASLEY, J. D.; SMITH, P. S.; BANILOWER, E. R.; HECK, D. J. **A study of K–12 mathematics and science education in the United States**. Chapel Hill, Estados Unidos: Horizon Research, 2003.

WHITE, B.Y.; FREDERIKSEN, J. R. Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. **Cognition and Instruction**, v. 16, n. 1, p. 3–118, 1998.

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

WYNER, Y.; DOHERTY, J. H. Developing a learning progression for three-dimensional learning of the patterns of evolution. **Science Education**, v. 101, n. 5, p. 787-817, 2017.

ZIMMERMAN, C.; BISANZ, G. L.; BISANZ, J.; KLEIN, J. S.; KLEIN, P. Science at the supermarket: A comparison of what appears in the popular press, experts' advice to readers, and what students want to know. **Public Understanding of Science**, v. 10, n. 1, p. 37-58, 2001.