

ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO – REVISÃO E CARACTERÍSTICAS DE TRABALHOS PUBLICADOS

TEACHING SCIENCE BY INQUIRY - REVIEW AND FEATURES OF PUBLISHED ARTICLES

Nedir Soares

Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo – FEUSP. Licenciado em Ciências Biológicas. Professor de Ciências e Biologia da Educação de Jovens e Aultos. Aluno do Programa de Mestrado em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Sílvia Frateschi Trivelato

Formada em Ciências Biológicas, Mestrado em Biologia, Doutorado em Didática. Professora da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo na área de Metodologia do Ensino. Orientadora nos programas de Pós-Graduação em Educação e Interunidades em Ensino de Ciências.

E-mail: slftrive@usp.br

RESUMO

Neste relato apresentamos o resultado de um levantamento realizado em diferentes publicações, a fim de identificar características do ensino por investigação presentes nos textos dos trabalhos analisados. O banco de dados consultado para localização dos artigos foi da *Web of Science*. A busca localizou cinquenta e três artigos, sendo que quatorze abordavam a aprendizagem por investigação no ensino de ciências em seus resumos. No levantamento, identificamos uma ampla gama de características, que agrupamos em categorias elaboradas a partir dos três domínios apresentados por Duschl (2003). O levantamento permitiu elencar características do ensino por investigação em aulas de ciências e apontou questões a serem aprofundadas no desenvolvimento da pesquisa.

Palavras-chave: Ensino por investigação; Aspectos do ensino de ciências por investigação; Domínio conceitual, epistêmico e social.

ABSTRACT

In this report, we present the results of a survey conducted in different publications, in order to identify teaching science features based

investigation currently in texts from analyzed work. The database consulted for location of such articles was the Web of Science. The search has located 53 articles from which fourteen approach science education research in their summaries. In this survey, we identified a wide range of features grouped in categories drawn up from the three areas presented by Duschl (2003). Such survey allowed to list features of teaching science by inquiry and pointed questions to be deepened for the development of research.

Key-words: Teaching science by inquiry; Features of teaching science by inquiry; Conceptual, epistemic and social domain.

1. INTRODUÇÃO

Frequentemente, diferentes publicações têm apontado os benefícios proporcionados, ao se adotar uma abordagem investigativa no ensino de ciências. Recentemente os Estados Unidos elaboraram o NGSS¹ (sigla em inglês para Padrões Científicos da Próxima Geração) em parceria com o *National Research Council* (NRC), a *National Science Teachers Association* (NSTA) e a *American Association for the Advancement of Science* (AAAS). Num primeiro momento, foi elaborado o *Framework for K-12 Science Education* pelas Academias Nacionais de Ciências, que identificaram as ideias e práticas amplas em ciências naturais e engenharia com as quais todos os educandos deveriam estar familiarizados quando se formassem no ensino médio. Num segundo momento, elaboraram os padrões baseados no *Framework*, que envolveram educadores de ciências e especialistas de todo o país que atuaram como escritores e produziram vários rascunhos dos padrões para comentários públicos. O NGSS foi lançado oficialmente em 2013 e seu foco foi a educação em *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM). O STEM tornou-se a base de grande parte das reformas e dos programas educacionais recentes dos Estados Unidos, sendo que o elemento central de sua abordagem foi o ensino por investigação. No conjunto, esses documentos apontam que os educandos deveriam desenvolver habilidades para fazer investigações, assim como ter um entendimento sobre características específicas da investigação.

Um estudo publicado, em 2000, pelo *National Research Council*, buscou apontar algumas das características principais desse tipo de abordagem. O

¹ Informações retiradas do site: <https://ngss.nsta.org/why-standards-matter.aspx>.

documento sinalizou cinco aspectos essenciais do ensino por investigação que poderiam ser desenvolvidos em aulas de ciências (NRC, 2000, p. 25, tradução nossa): o envolvimento dos educandos com questões orientadas cientificamente; a prioridade dada à evidência; a formulação de explicações a partir de evidências; a avaliação das explicações à luz de explicações alternativas, particularmente aquelas que refletem a compreensão científica; e a comunicação e justificação das explicações propostas. Os documentos elaborados pelo *National Research Council* e os padrões que propõem para a educação científica e para o ensino por investigação encontram reconhecimento em trabalhos da área de ensino de ciências. Mortimer e Araújo (2014) se remetem ao NRC de 1996 e de 2000 para caracterizar o ensino por investigação como aquele em que os estudantes desenvolvem conhecimentos e compreensão das ideias científicas e de como os cientistas estudam o mundo natural. O NRC serve também como referência para o trabalho de Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017), tanto para elencar características relacionadas ao ensino por investigação, como para estabelecer um modelo que relaciona práticas próprias da ciência – investigação, desenvolvimento de explicações e avaliação.

Um estudo realizado por Zômpero e Laburú (2011), apresentou a visão de diferentes autores sobre o ensino de ciências por investigação. Por meio dos estudos, os autores perceberam que foram apontadas diferentes perspectivas acerca do ensino por investigação. Segundo os autores essa não foi uma particularidade de pesquisas realizadas em países com pouca familiaridade com o ensino de ciências por investigação, sendo constatada também entre pesquisadores do Estados Unidos, país que tem uma tradição com esse tipo de abordagem.

O reconhecimento de que a educação científica precisa incluir aspectos amplos está presente no trabalho de vários autores. Sasseron e Duschl (2016) tomam como pressuposto que o ensino de ciências transite entre conceitos, leis, modelos e teorias científicas, assim como elementos epistemológicos das ciências. Trivelato e Tonidandel (2015) assinalam como requisitos da educação científica o entendimento de explicações e teorias assim como o conhecimento das formas de produzir afirmações, testar hipóteses e de usar evidências e justificativas no campo das ciências e indicam a importância do estabelecimento de relações entre ciência, tecnologia e sociedade. O ensino por investigação é uma das grandes apostas para alcançar tais propósitos por Silva, Gerolin e Trivelato (2018).

Por meio de uma síntese de diferentes pesquisas sobre aprendizado em ciências, Duschl (2003) apontou que a implementação e avaliação do aprendizado de ciências em contextos educacionais concentram-se em três domínios integrados: domínio conceitual, domínio epistêmico e domínio social. Para o autor, esses domínios devem ser considerados ao se estabelecer um ambiente de aprendizagem em sala de aula. O domínio conceitual refere-se às estruturas conceituais e aos processos cognitivos utilizados pelos educandos para fundamentarem-se cientificamente. Duschl (2003) indica a importância do professor avaliar os quadros conceituais a serem ensinados, assim como a necessidade de ter informações a respeito dos quadros conceituais alternativos que os estudantes trazem consigo. Para o autor esses conceitos alternativos influenciam o raciocínio durante o aprendizado e a tomada de decisões. É importante trabalhar com os educandos suas ideias, a fim de tornar seu pensamento *visível* e permitir que se avalie como o conhecimento científico está sendo integrado às estruturas conceituais do educando. O domínio epistêmico compreende as estruturas de geração do conhecimento científico, tais como a coleta de dados, o uso de evidências, de princípios e teorias, a interpretação de evidências para desenvolver explicações sobre fenômenos. Segundo Duschl (2003) quando se proporciona ao educando o uso desses elementos, está-se favorecendo o emprego de estruturas epistêmicas. O domínio epistêmico também inclui o desenvolvimento de critérios usados para fazer julgamentos sobre ideias e informações, para tomar decisões que estabelecem o que se considera como evidência, e para usar as evidências para propor explicações; inclui ainda o uso de modelos para explicar o mundo real. Por fim, o autor apresenta o domínio social, indicando tratar-se de processo relacionado à comunicação de ideias e entendimentos científicos realizados por meio das discussões. Para o autor, o debate e a discussão precisam ser uma parte central do ambiente de aprendizagem nas aulas de ciências. Em 2015 Furtak et al realizaram um trabalho de metanálise e reconheceram a importância de se observar o ensino por investigação em dimensões e discutiram a possibilidade do domínio epistêmico apresentado por Duschl (2003) apresentar uma subcategoria.

Neste trabalho o objetivo foi caracterizar o ensino por investigação a partir do que dizem trabalhos recentes publicados sobre o tema. A partir disso, agrupamos as características identificadas, reunindo-as em três categorias, que foram fundamentadas nos três domínios apresentados por Duschl

(2003). Nosso interesse com essa análise foi verificar como os trabalhos acadêmicos que se identificam com o ensino por investigação poderiam ser caracterizados. Tomamos como referência inicial as características indicadas pelo documento do NRC (2000) e completamos nossa análise incorporando os três domínios propostos por Duschl (2003) – conceitual, epistêmico e social.

2. METODOLOGIA

O banco de dados consultado para localização das publicações foi da *Web of Science* (<https://webofknowledge.com>). Usaram-se os seguintes termos na pesquisa: "*teaching science by inquiry*", "*inquiry based learning*", "*investigative activity*", "*learning science by inquiry*". Esses termos foram pesquisados nos títulos dos artigos.

O primeiro passo no procedimento de busca foi a seleção dos bancos de dados referenciados no *Web of Science* (Figura 1). A seleção reuniu os seguintes bancos: *Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)*, *Social Sciences Citation Index (SSCI)*, *Arts & Humanities Citation Index (A&HCI)*, *Conference Proceedings Citation Index - Science (CPCI-S)*, *Conference Proceedings Citation Index - Social Science & Humanities (CPCI-SSH)* e *Emerging Sources Citation Index (ESCI)*. Para especificar, os seguintes critérios de busca foram definidos no *Web of Science*: período; categorias de pesquisa; tipo de documento; operador booleano (or); idioma e o uso de aspas para limitar a busca somente aos termos especificados.

Delimitamos o tema para análise dos resumos - procurávamos publicações que abordassem ensino - aprendizagem por investigação no ensino de ciências. A busca analisou os títulos das publicações entre o período de 2012 a 2017 e encontrou 53 artigos. Por meio da leitura dos resumos, selecionamos aqueles que abordavam o tema dentro do campo definido. Seguindo essa metodologia, encontramos 14 artigos que tratavam da aprendizagem por investigação no ensino de ciências. As publicações que não foram selecionadas tratavam do ensino por investigação em outros campos do conhecimento.

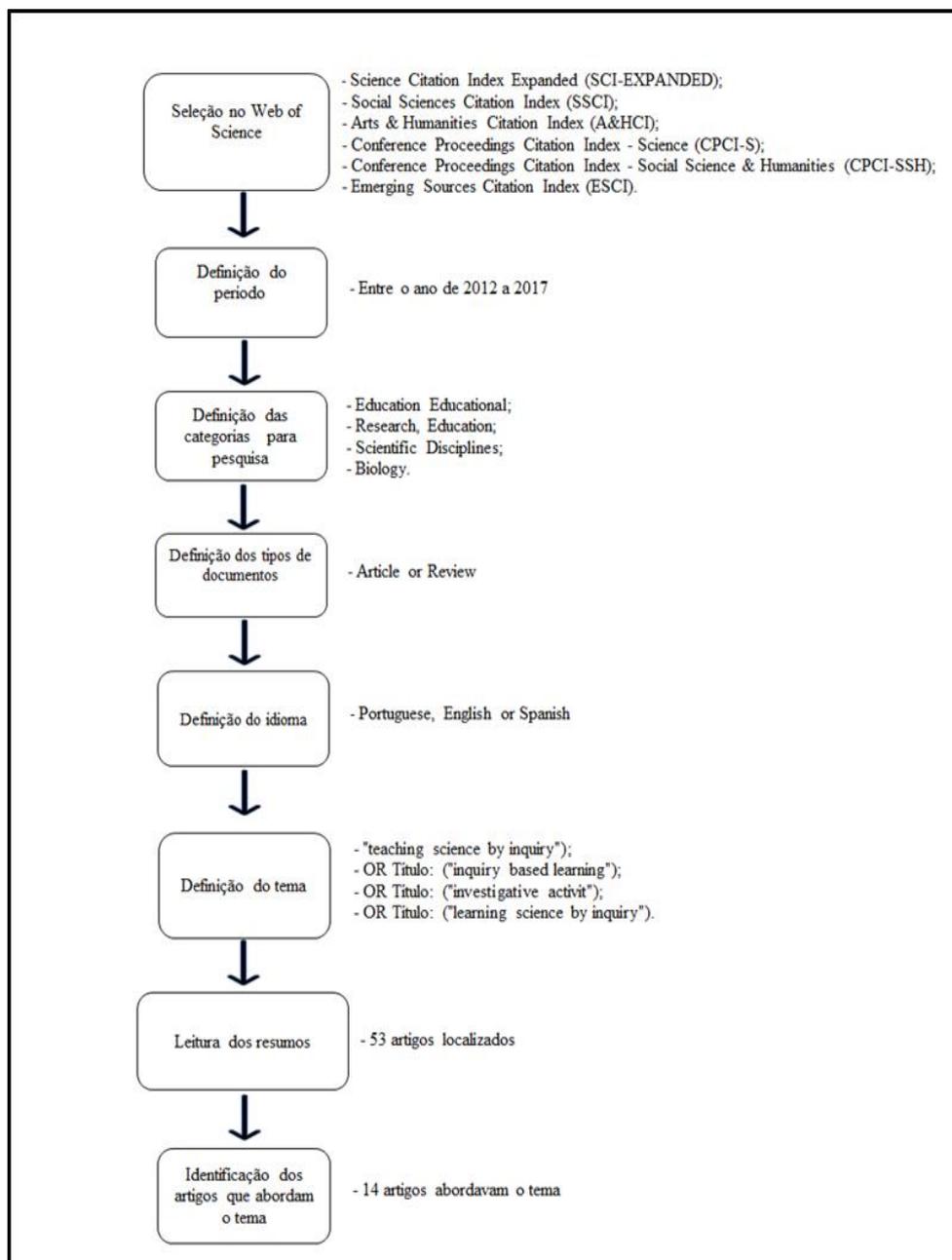


Figura 1 – Fluxograma do procedimento de busca das publicações

Fonte: elaborado pelos autores.

Após a leitura dos resumos, as características que foram identificadas em diferentes estudos foram agrupadas. Avaliamos os agrupamentos buscando identificar a presença dos domínios conceitual, epistêmico e social (Anexo 1). Após essa avaliação, distribuimos as características identificadas em três categorias que derivam dos domínios apresentados em 2003 por Duschl (Quadro1).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analizamos as publicações a procura das cinco características semelhantes às aquelas que foram apontadas pelo documento NRC (2000): 1- Envolvimento dos educandos com questões orientadas cientificamente; 2- Prioridade dada à evidência; 3-Formulação de explicações a partir de evidências; 4-Avaliação das explicações à luz de explicações alternativas, particularmente aquelas que refletem a compreensão científica; 5- Comunicação e justificação das explicações propostas. Notamos que tais características poderiam ser identificadas nos estudos de Babaci-Wilhite, 2017; Duran; Dokme, 2016; Hsiao *et al.*, 2017; Hsu *et al.*, 2015; Kang; Keinonen, 2017; Levy *et al.*, 2013; Lofgren *et al.*, 2013; Mansour, 2015; Pedaste *et al.*, 2015; Ramnarain, 2014; Romero-Ariza, 2017. Isto é, em 11 dos 14 trabalhos identificados no levantamento, encontramos aspectos semelhantes àqueles indicados pelo NRC. Em diferentes estudos observamos ainda uma preocupação acerca do conhecimento dos educandos decorrente de seu contexto e dos processos discursivos que ocorrem durante o ensino por investigação. As preocupações discutidas nos estudos e as características identificadas nos remetem aos domínios proposto por Duschl (2003), de modo que analisando-as à luz desses domínios, notamos que a maioria das publicações contempla mais de um domínio, sendo que predominam menções ao domínio epistêmico (Quadro 1).

Algumas publicações, quando discutiam ou utilizavam atividades investigativas como ferramenta para coleta de dados, propunham o ensino de algum conceito científico. O estudo de Hsu *et al.*, 2015, por exemplo, citou uma atividade que abordou o conceito de placas tectônicas; já o trabalho de Hong *et al.*, 2017; citou o uso de uma animação para ensinar características especiais sobre olhos e narizes dos camelos. Alguns estudos demonstraram uma preocupação acerca do conhecimento do educando, como ideias infantis decorrentes de sua curiosidade e crença. Relacionamos esses elementos ao domínio conceitual, recuperando a importância de se conhecer os conceitos científicos a serem ensinados assim como os conceitos alternativos. Um dos objetivos do ensino por investigação é a abordagem de conceitos científicos, contudo os conceitos alternativos podem influenciar o processo cognitivo utilizado pelo educando na tentativa de se fundamentar cientificamente, dessa maneira reconhecer conceitos

alternativos pode ser uma característica importante tanto para o professor quanto para o educando.

As características relacionadas ao domínio epistêmico apareceram em todos os trabalhos que analisamos. Suspeitamos que a natureza de produção do conhecimento científico favoreça o surgimento de características relacionadas a esse domínio, uma vez que o ensino por investigação faz uso de estruturas de geração do conhecimento científico semelhantes às utilizadas pelos cientistas. Uma característica epistêmica interessante foi identificada no estudo de Romero-Ariza (2017); a autora apontou que os estudantes devem aplicar o conhecimento adquirido de forma produtiva e em situações não familiares. Acreditamos que essa característica favorece que o educando, além de aprender os conhecimentos e habilidades, aplique o novo conhecimento em contextos diferentes. Para além dos trabalhos tomados aqui como conjunto de dados, encontramos também uma grande valorização dos aspectos epistêmicos na educação científica, especialmente relacionados ao ensino por investigação nos trabalhos de Mortimer e Araújo, 2014 ; Kelly e Licon, 2018; Jiménez-Aleixandre e Crujeiras, 2017; Scarpa, Sasseron e Silva, 2017; Silva, Gerolin e Trivelato, 2018.

Em alguns estudos percebemos uma preocupação que se relaciona ao domínio social. As características que identificamos nos trabalhos analisados acerca desse domínio estão relacionadas aos processos discursivos que podem ocorrer no ensino por investigação. O estudo de Lofgren *et al.* (2013) aponta que na aprendizagem por investigação, as atividades práticas e a comunicação são importantes características que constituem uma abordagem investigativa. O papel da comunicação foi sinalizado também por Pedaste *et al.* (2015) quando discutem a função da discussão, do debate compartilhado e da comunicação de um novo aprendizado ou resultado. Na pesquisa realizada por Babaci-Wilhite (2017) podemos observar a consequência da pouca comunicação no ensino por investigação. A pesquisa ocorreu na Tanzânia, África Oriental, e segundo a pesquisadora, nesse local houve uma reforma no currículo, em que o inglês substituiu a língua local Kiswahili nos últimos anos da escola primária. A autora sinaliza que esse fator interferiu em todo processo de aprendizado, em especial no aprendizado de ciências, uma vez que prejudicou a comunicação, por conta da pouca familiaridade de educandos e professores com o novo idioma instrucional.

Assim como sinalizou Zômpero e Laburú (2011), notamos que o ensino de ciências por investigação pode possuir ampla gama e características, no entanto, notamos os aspectos apontados pelos diferentes estudos poderiam ser relacionados aos domínios propostos por Duschl (2003). No quadro 1 agrupamos os aspectos identificados nas publicações. Reunimos essas características em três categorias, derivadas dos domínios proposto por Duschl (2003). A categoria conceitual agrupou características relacionadas ao aprendizado de conceitos científicos e identificação de conceitos alternativos. Na categoria epistêmica agrupamos as características que estão relacionadas ao processo de construção do conhecimento científico, como coleta de dados, uso de evidências, entre outras, conforme apontado por Duschl (2003), quando apresenta o domínio epistêmico. A categoria social reuniu as características que estão relacionadas ao processo discursivo. Essas características estão relacionadas ao que Duschl (2003) descreve como um processo envolvido com a comunicação de ideias e entendimentos científicos realizados por meio das discussões.

Tabela 1 – Aspectos identificadas nas publicações agrupadas em domínios conceitual, epistêmica e social

DOMÍNIO CONCEITUAL	DOMÍNIO EPISTÊMICO	DOMÍNIO SOCIAL
Utilização do conhecimento local	Observação	Comunicação de resultados
Utilização do conhecimento global	Classificação	Comunicação da aprendizagem aos outros
Utilização do conhecimento científico	Reflexão	Comunicação de uma informação obtida e avaliada
Utilização ideias infantis (atividades realizadas com crianças pequenas)	Delimitação do problema	Emprego de termos científicos
	Resolução de problemas	Discussão científica
	Envolvimento com uma questão ou fenômeno científico	Comunicação fundamentada em argumento científico
	Geração de hipótese	Justificação da explicação
	Elaboração de previsões com base no que pensam ou descobrem	Explicação
	Emprego da criatividade	Discussão com o outro
	Planejamento de soluções	
	Planejamento de investigações	
	Identificação de recursos e equipamentos	
	Avaliação da informação	

DOMÍNIO CONCEITUAL	DOMÍNIO EPISTÊMICO	DOMÍNIO SOCIAL
	Análise de livros e outras fontes de informações	
	Manipulação de materiais de investigação	
	Investigação para encontrar respostas	
	Tomada de decisões na fase de coleta de dados	
	Obtenção de evidências no mundo natural.	
	Emprego do raciocínio crítico para analisar a evidência	
	Análise e interpretação de dados	
	Emprego de ferramentas para reunir e interpretar dados	
	Análise e interpretação de dados usando o pensamento matemático e computacional	
	Revisão de ideias à luz da evidência	
	Avaliação da validade e utilidade de diferentes ideias em relação à evidência	
	Desenvolvimento e utilização de modelos	
	Construção de explicações	
	Considerar explicações alternativas	
	Formulação de respostas	
	Emprego da causa e efeito	
	Elaboração de uma explicação baseada em evidências	
	Engajamento em argumentação a partir de uma evidência	
	Conexão da explicação ao conhecimento científico	
	Obtenção de uma conclusão científica	
	Conclusão	
	Entendimento e construção de um novo conhecimento	
	Aplicação do conhecimento de forma produtiva a situações não familiares	
	Levantamento de perguntas que podem levar a futuras investigações	
	Elaboração de perguntas	

4. CONCLUSÃO

Os diferentes artigos analisados em algum momento sinalizam características semelhantes às aquelas indicadas pelo documento NRC (2000), no entanto, as preocupações trazidas por esses artigos revelam que outros aspectos também estão presentes no ensino por investigação. Isso sugere que o ensino por investigação possui ampla gama de características, relacionadas aos três domínios apresentados por Duschl (2003).

Características relacionadas à categoria epistêmica foram identificadas em todos os estudos avaliados, o que pode ser decorrente da natureza de produção do conhecimento científico, da qual o ensino por investigação busca se aproximar.

As características relacionadas às categorias conceituais e sociais apresentam-se como importantes aliados na aprendizagem por investigação. Suspeitamos que as características identificadas e categorizadas neste trabalho se relacionam, de modo que o trabalho pedagógico pode atingir, simultaneamente, os diferentes domínios. Novas questões surgiram a partir dos dados que foram aqui analisados; nos interessa seguir investigando fatores que podem potencializar o envolvimento dos educandos nos diferentes domínios.

ANEXO 1: Síntese dos aspectos identificados nas publicações selecionadas e os cinco aspectos do NRC(2000) contemplados.

Autor	Título da publicação	Síntese dos aspectos que compõe a concepção adotada pelo autor sobre ensino de ciências por investigação (tradução nossa)	Aspecto da NRC (2000) presentes
Babaci-Wilhite (2017)	A rights-based approach to science literacy using local languages: Contextualising inquiry-based learning in África	Os educandos buscam evidências no ambiente natural e apliquem o raciocínio crítico para esta evidência, a fim de alcançar conclusões científicas. Em termos práticos, o modelo é projetado para lidar com conceitos da ciência através de múltiplas modalidades - "faça, diga, leia, escreva" - uma combinação experiencial "prática" que forma uma nova plataforma para a inovação com base em uma combinação única de conhecimento local e global, que fornece aos professores e educandos a capacidade de compreender e implantar abordagens baseadas em fazer, dizer, ler e escrever para ensinar e aprender conceitos científicos	2 3
Duran e Dokme (2016)	The effect of the inquiry-based learning approach on	Fazer perguntas, procurar informações e encontrar novas ideias relacionadas a um evento. Os educandos aprendem usando a causa e efeito, o pensamento relacional e	1

Autor	Título da publicação	Síntese dos aspectos que compõe a concepção adotada pelo autor sobre ensino de ciências por investigação (tradução nossa)	Aspecto da NRC (2000) presentes
	student's critical thinking skills	crítico combinado com conhecimento científico. O pensamento crítico e resolução de problemas, permitem que os educandos desenvolvam habilidades necessárias durante toda a vida. Como tal, ajuda os educandos a lidarem com seus problemas. Além disso, aprimoram a resolução de problemas, discussão científica, habilidades de pensamento crítico, construção de estruturas cognitivas e cooperação com colegas . Nas discussões realizadas nas atividades investigativas, os educandos se sentem como um cientista júnior e podem aprender a abordar questões criticamente.	
Hong et al.(2017)	An exploration of students' science learning interest related to their cognitive anxiety, cognitive load, self-confidence and learning progress using inquiry-based learning with an ipad	Os educandos exploram a mundo através de sua própria observação e classificação.	
Hsiao et al. (2017)	A five-stage prediction-observation-explanation inquiry-based learning model to improve tudents' learning performance in science courses	No processo de aprendizagem baseado em investigação, os educandos combinam processos científicos com conhecimento científico, argumentam e pensam criticamente sobre as evidências e explicações para desenvolver sua compreensão da ciência e sua capacidade de comunicar fundamentados em argumentos científicos (p.3396).	2 3
Hsu et al. (2015)	A design model of istributed scaffolding for inquiry-based learning	Os educandos devem envolver-se em uma questão científica, buscar evidências, desenvolver uma explicação baseada em evidências, fazer uso do conhecimento científico conectando a explicação ao conhecimento científico, comunicar e justificar a explicação .	1 2 3 4 5
Kang e Keinonen (2017)	The effect of inquiry-based learning experiences on adolescents' science-related career aspiration	Na investigação orientada, o educando está envolvido com a questão de investigação fornecida pelo professor, mas o professor nunca fornece a resposta às perguntas nem passos de investigação. Os educandos estão envolvidos nas tomadas de decisões da fase de	1 2

Autor	Título da publicação	Síntese dos aspectos que compõe a concepção adotada pelo autor sobre ensino de ciências por investigação (tradução nossa)	Aspecto da NRC (2000) presentes
	in the Finnish context"	coleta de dados. Além disso, se houver fenômenos complexos que os educandos tenham que aprender, mas não pode ser testado na escola, o professor ou os educandos podem fornecer dados científicos aplicáveis de uma variedade de fontes para uso na investigação. Na investigação aberta os professores definem o quadro de conhecimento científico em que o inquérito será conduzido, mas permitem aos educandos selecionar uma grande variedade de perguntas e abordagens de investigação.	
Levy et al. (2013)	Examining studies of inquiry-based learning in three fields of education: sparking generative conversation	Observar, fazer questões, examinar livros e outras fontes de informação, planejar investigação, revisar o conhecimentos à luz da evidência, usar ferramentas para reunir e interpretar dados, proporcionar respostas, explicar ,comunicar os resultados, a investigação requer identificação de suposições, uso de pensamento crítico e lógico, e consideração de explicações alternativas (p.390)	2 4
Lofgren et al. (2013)	Exploratory talk in science education: inquiry-based learning and communicative approach in primary School.	Os educandos reconhecem as evidências observando eventos reais; perseguem questões que identificam como próprias, mesmo apresentadas pelo professor; levantam mais perguntas que podem levar a futuras investigações; fazem previsões com base no que pensam ou descobrem; comunicam-se uns com os outros ou com o professor sobre o que estão observando ou investigando; expressam-se usando termos e representações científicas apropriadas com entendimento tanto na escrita quanto nas discussões; sugerem maneiras de testar as próprias ideias ou de outros para busca de evidências para apoiá-las; participam do planejamento de investigações com controles apropriados para responder a perguntas específicas; usam o instrumento de medição e outros equipamentos de forma adequada e com confiança; tentam resolver problemas por si mesmos; usam uma variedade de fontes de informações; avaliam a validade e a utilidade de diferentes ideias em relação à evidência; consideram outros pontos de vista; refletem de forma autocrítica sobre os processos e resultados de sua investigação.	1 2 4
Mansour (2015)	Science teachers' views and stereotypes of religion, scientists and scientific	Os professores de ciências podem melhorar a compreensão científica dos alunos implementando a investigação científica em suas lições, mas a implementação bem sucedida da pesquisa exige que os professores	2

Autor	Título da publicação	Síntese dos aspectos que compõe a concepção adotada pelo autor sobre ensino de ciências por investigação (tradução nossa)	Aspecto da NRC (2000) presentes
	research: a call for scientist–science teacher partnerships to promote inquiry-based learning	se envolvam com a coleta e análise de dados científicos e trabalhem com eles.	
Marian e Jackson (2017)	Inquiry-based learning: a framework for assessing science in the early years	Para estimular o ensino por investigação entre crianças pequenas devem valorizar os interesses atuais das crianças, eventos de vida, ideias infantis decorrentes de sua curiosidade, reflexões e cultura. Segundo os autores a curiosidade natural das crianças fornece os temas de investigação que os profissionais precisam rapidamente reconhecer, capturar e documentar. Esses temas fornecem um trampolim para uma maior exploração e investigação, que fornece uma plataforma rica para a investigação científica, na qual as crianças constroem conhecimento por meio de suas observações pessoais de fenômeno e do seu envolvimento com colegas.	
Pedaste et al. (2015)	Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle	Para o autor o ensino baseado por investigação pode ser organizado por fases de investigação, que juntas formam o ciclo de investigação. São apontadas 5 fases subdivididas em 9 subfases. As fases e subfases se estruturam e se comunicam. A fase da orientação, possui as seguintes características: introdução ao tema ou teoria, observação, fornecendo uma exploração, desafio de aprendizagem, encontrando um tópico, engajando o educando em questões cientificamente investigáveis. A fase de conceituação, subdivide-se em : questionamento e geração de hipótese, suas características são: perguntas, elaboração de questão, decidindo uma questão de investigação, pesquisando por informação na web, analisando, avaliando, gerando hipóteses. A fase da investigação, subdivide-se em : exploração, experimentação e interpretação de dados, suas características são: planejamento de método, desenvolvimento do plano de ação, identificação de recursos e equipamentos, pesquisando e organizando os dados, conduzindo uma investigação, analisando e representando uma evidência, respondendo a questões, analisando dados, formulando explicações a partir das evidências. A fase de conclusão possui as seguintes características: justificativas de conclusões, descrição das conclusões e emissão de julgamentos fundamentados na conclusão. A fase da discussão possui as subfases de	1 2 3 4

Autor	Título da publicação	Síntese dos aspectos que compõe a concepção adotada pelo autor sobre ensino de ciências por investigação (tradução nossa)	Aspecto da NRC (2000) presentes
		comunicação e reflexão, que possuem as seguintes características: Discussão e debate compartilhado com outros, comunicação de um novo aprendizado ou resultados obtidos pela investigação; reflexão sobre o fenômenos utilizando as evidências obtidas (p.51)	
Ramnarain (2014)	Teachers' perceptions of inquiry-based learning in urban, suburban, township and rural high schools: the context-specificity of science curriculum implementation in South Africa	Fazer questões (para ciências) , definir problemas (para engenharia), desenvolver e usar modelos, planejar e realizar uma investigação, analisar e interpretar dados usando pensamento matemático e computacional, construir explicações (para ciências) e planejar soluções (para engenharia), engajar em argumentação a partir de uma evidência e obter, avaliar e comunicar uma informação (p.66)	1 3
Romero-Ariza (2017)	Inquiry-Based Learning: is there enough evidence of its benefits in science education?	Observar, formular questões, buscar informações em livros, planejar investigações, revisar ideias de acordo com a evidência experimental disponível, manejar materiais de investigação, analisar e interpretar dados, explicar, prever e comunicar um resultado (NRC, 2000). Investigar para encontrar respostas, compreender e construir novo conhecimento e comunicar sua aprendizagem a outros, aplicando o conhecimento científico de forma produtiva em situações não familiares (p.286)	2
Sever e Guven (2014)	Effect of Inquiry-based learning approach on student resistance in a science and technology course	No ensino por investigação os educandos constroem o conhecimento científico usando sua criatividade, fazendo perguntas e pesquisas (p.1602).	

Fonte: elaborado pelo autor

REFERÊNCIAS

1. ANDERSON, R. D. Inquiry as an organizing theme for science curricula. In: AKERSON, S.K; LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Handbook of research on science education**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. cap. 27, p. 807–830.
2. AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). **Benchmarks for Science literacy**. New York: Oxford University Press, 1993.
3. BABACI-WILHITE, Z. A rights-based approach to science literacy using local languages: Contextualising inquiry-based learning in Africa. **International Review of Education**, Hamburgo, v. 63, n. 3, p. 381-401, Jun 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s11159-017-9644-3>>. Acesso em: 27 dez. 2017.
4. DEBOER, G. E. Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 37, n. 6, p. 582-601, Aug. 2000. Disponível em: < [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6%3C582::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-L/pdf](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1098-2736(200008)37:6%3C582::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-L/pdf) > Acesso em: 05 jan. 2018.
5. DURAN, M.; DOKME, I. The effect of the inquiry-based learning approach on student's critical-thinking skills. **Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education**, [S.L.], v. 12, n. 12, p. 2887-2908, Dec. 2016. Disponível em: < <http://www.iserjournals.com/journals/eurasia/articles/10.12973/eurasia.2016.02311a>>. Acesso em: 27 dez. 2017.
6. DUSCHL, R. A. Assessment of inquiry. In: J. M. ATKIN; J. E. COFFEY (Ed.). **Everyday assessment in the science classroom**. Washington, DC: National Science Teachers Association Press, 2003. cap. 4, p. 41–59.
7. EUROPEAN COMMISSION. **Science Education for Responsible Citizenship**. Brussels: European Commission,

2015. Disponível em: <
http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf > Acesso em: 05 jan. 2018.
8. Furtak, E.M.; Seidel, T.; Iverson, H.; Briggs, D.C. Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, V. 82, n. 3, p. 300–329, Sep 2012. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0034654312457206> >. Acesso em : 23 abr. 2019.
9. GOODRUM, D. ; RENNIE, L.J.; HACKLING, M.W. **The status and quality of teaching and learning of science in Australian schools: a research report**. Canberra: Department of Education, Training and Youth Affairs, 2001.
10. HONG, J. C. et al. An Exploration of Students' Science Learning Interest Related to Their Cognitive Anxiety, Cognitive Load, Self-Confidence and Learning Progress Using Inquiry-Based Learning With an iPad. **Research in Science Education**, [S.L.], v. 47, n. 6, p. 1193-1212, Dec. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11165-016-9541-y>>. Acesso em: 27 dez. 2017.
11. HSIAO, H. S. et al. A five-stage Prediction-observation-explanation inquiry-based learning model to improve students' learning performance in science courses. **Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education**, [S.L.], v. 13, n. 7, p. 3393-3416, Jul. 2017. Disponível em: < <http://www.ejmste.com/A-Five-Stage-Prediction-Observation-Explanation-Inquiry-Based-Learning-Model-to-Improve-Students-Learning-Performance-in-Science-Courses,70802,0,2.html> >. Acesso em: 27 dez. 2017.
12. HSU, Y. S.; LAI, T. L.; HSU, W. H. A Design Model of Distributed Scaffolding for Inquiry-Based Learning. **Research in Science Education**, Netherlands, v. 45, n. 2, p. 241-273, Apr. 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9421-2> >. Acesso em: 27 dez. 2017.

13. JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. In: K. S. Taber; B. Akpan (Org.). **Science Education: An International Course Companion**. Rotterdam: Sense Publishers, 2017. cap. 5, p. 69–80.
14. KANG, J.; KEINONEN, T. The effect of inquiry-based learning experiences on adolescents' science-related career aspiration in the Finnish context. **International Journal of Science Education**, London, v. 39, n. 12, p. 1669-1689, Jul. 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1350790> >. Acesso em: 27 dez. 2017.
15. KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. In M. R. Matthews (Org.). **History, Philosophy and Science Teaching: New Perspectives**. Cham: Springer International Publishing, 2018. Cap.5 , p. 139–165.
16. LEVY, B. L. M. et al. Examining Studies of Inquiry-Based Learning in Three Fields of Education: Sparking Generative Conversation. **Journal of Teacher Education**, Washington, v. 64, n. 5, p. 387-408, Nov. 2013. Disponível em: < <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0022487113496430> >. Acesso em: 27 dez. 2017.
17. LOFGREN, R. et al. Exploratory talk in science education: inquiry-based learning and communicative approach in primary school. **Journal of Baltic Science Education**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 482-496, 2013. Disponível em: < http://www.scientiasocialis.lt/jbse/files/pdf/vol12/482-496.Lofgren_JBSE_Vol.12-4.pdf >. Acesso em: 27 dez. 2017.
18. MANSOUR, N. Science Teachers' Views and Stereotypes of Religion, Scientists and Scientific Research: A call for scientist-science teacher partnerships to promote inquiry-based learning. **International Journal of Science Education**, London, v. 37, n. 11, p. 1767-1794, Jul. 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1049575>>. Acesso em: 27 dez. 2017.

19. MARIAN, H.; JACKSON, C. Inquiry-based learning: a framework for assessing science in the early years. **Early Child Development and Care**, London, v. 187, n. 2, p. 221-232, Feb. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/03004430.2016.1237563>>. Acesso em: 28 dez. 2017.
20. MORTIMER, E. F.; ARAÚJO, A. O. Using productive disciplinary engagement and epistemic practices to evaluate a traditional Brazilian high school chemistry classroom. **International Journal of Educational Research**, v. 64, p. 156–169. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2013.07.004>>. Acesso em 06 abr. 2019.
21. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Washington, DC: National Academy Press, 2012. Disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-educationpractices-crosscutting-concepts>>. Acesso em: 04 jan. 2018.
22. _____. **Inquiry and the national science education standards**. Washington, DC: National Academy Press, 2000. Disponível em: <<https://www.nap.edu/catalog/9596/inquiry-and-the-national-science-education-standards-a-guide-for>>. Acesso em: 04 jan. 2018.
23. _____. **National science education standards**. Washington, DC: National Academy Press, 1996. Disponível em: <<https://www.nap.edu/catalog/4962/national-science-education-standards>>. Acesso em: 05 jan. 2018.
24. PEDASTE, M. et al. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, New York, v. 14, p. 47-61, Feb. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>>. Acesso em: 27 dez. 2017.
25. RAMNARAIN, U. D. Teachers' perceptions of inquiry-based learning in urban, suburban, township and rural high schools: The context-specificity of science curriculum implementation in South Africa.

- Teaching and Teacher Education**, New York, v. 38, p. 65-75, Feb. 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.11.003> >. Acesso em: 27 dez. 2017.
26. ROMERO-ARIZA, M. Inquiry-Based Learning: is there enough evidence of its benefits in science education? **Revista Eureka Sobre Ensenanza Y Divulgacion De Las Ciencias**, Espanha, v. 14, n. 2, p. 286-299, Apr. 2017. Disponível em: < <http://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3335/3088> >. Acesso em: 27 dez. 2017.
27. SASSERON, L. H; DUSCHL, R. A. Ensino de Ciências e as Práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, p. 52-67, Ago. 2016. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p52> > . Acesso em 06 abr. 2019.
28. SCARPA, D. L., SASSERON, L. H., & SILVA, M. B. (2017). O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 23, n. 1, p. 7-27, Jan.2017. Disponível em:< <https://periodicos.ufpe.br/revistas/topicoseducacionais/>>. Acesso em: *Acesso em 06 abr. 2019.*
29. SEVER, D.; GUVEN, M. Effect of Inquiry-based Learning Approach on Student Resistance in a Science and Technology Course. **Kuram Ve Uygulamada Egitim Bilimleri**, Turkey, v. 14, n. 4, p. 1601-1605, 2014. Disponível em: < <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1045037.pdf> >. Acesso em: 27 dez. 2017.
30. SILVA, M.; GEROLIN, E.; TRIVELATO, S. A Importância da Autonomia dos Estudantes para a Ocorrência de Práticas Epistêmicas no Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 905-933, 15 dez. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4817>>. Acesso em: *06 abr. 2019*
31. TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Ensaio**

- Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 17, n. spe, p. 97-114, Nov. 2015. Disponível em: < <http://scielo:s1983-21172015000400097> >. Acesso em: 16 jan. 2017.
32. TSENG, C.H.; TUAN, H.L.; CHIN, C.C. How to Help Teachers Develop Inquiry Teaching: Perspectives from experienced science teachers. **Research in Science Education**, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 809-825, Apr 2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9292-3> >. Acesso em: 05 jan. 2018.
33. ZION, M.; MENDELOVICI, R. Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. **Science Education International**, vol. 23, n. 4, p. 383-399, Dec. 2012. Disponível em: < <http://www.icasonline.net/sei/december2012/p6.pdf> >. Acesso em: 16 jan. 2017.
34. ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 13, n. 3, p. 67-80, Dez. 2011. Disponível em:
35. <<https://SCIELO:S1983-21172011000300067> >. Acesso em: 05 jan. 2018.