

Uma revisão bibliográfica sobre o uso de software de análise de dados: um olhar para o Octave

Dioni Paulo Pastorio¹

Josemar Alves²

Tainá Almeida Fragoso³

Resumo: Esta revisão bibliográfica tem por objetivo investigar como o software, de código aberto e livre distribuição, GNU Octave vem sendo utilizado como recurso didático-pedagógico nos âmbitos da Educação Básica e do Ensino Superior. Justifica-se a escolha do Octave por ele ser um software livre — característica que torna seu uso viável em diferentes instituições de ensino sem a necessidade do emprego de recursos financeiros adicionais —, bem como por ele ser uma ferramenta computacional compatível com diversos sistemas operacionais. Para tanto, fez-se a análise de publicações nacionais e internacionais, na área do ensino de ciências, buscando responder a questões que possibilitassem reconhecer o estado da arte acerca do uso do Octave no ensino de matemática e física. São exemplos de tais questões: (i) qual a natureza desses trabalhos; (ii) a que níveis de ensino estão relacionados; e (iii) quais os conteúdos abordados. Para o levantamento dos dados, selecionou-se revistas de classificação Qualis Capes A1, A2 e B1 durante todo o período de publicação de cada um dos periódicos considerados. Dez publicações, que incluíam trabalhos teóricos, propostas didáticas e práticas desenvolvidas, foram selecionadas e analisadas. Os principais resultados obtidos indicam: compreensões acerca do uso de um software de livre distribuição para práticas de ensino-aprendizagem; necessidade de integração desse tipo de ferramenta nas atividades didáticas; e relações com a formação de professores nessas práticas pedagógicas.

Palavras-chave: Software de Análise Numérica. GNU Octave. Software Livre. Informatização na Educação. Atividades Didáticas.

A bibliographic review on the use of data analysis software: a look at Octave

Abstract: This bibliographic review aims to investigate how the software GNU Octave, an open source and free distribution, has been used as a didactic-pedagogical resource in the areas of Basic Education and High Education. The choice of Octave is justified because it is free software - a characteristic that makes its use viable in different educational institutions without the need of using additional financial resources - as well as because it is a computational tool compatible with several operating systems. For that, national and international publications in the sciences teaching were analyzed, seeking to answer questions that would make it possible to recognize the state of the art regarding the use of Octave in the teaching of mathematics and physics. Examples of such questions are: (i)

¹ Doutor em Educação em Ciências. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Rio Grande do Sul, Brasil. ✉ dionipastorio@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-6981-5783>

² Doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Rio Grande do Sul, Brasil. ✉ josemarfis@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-2620-5429>

³ Graduanda no curso de Bacharelado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Rio Grande do Sul, Brasil. ✉ taina.afragoso@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-8542-4643>

what is the nature of these studies; (ii) what levels of education are related; and (iii) what content is covered. We employ data from Qualis Capes A1, A2 and B1 classification journals throughout the publication period of each of the journals considered. Ten publications, which included theoretical studies, didactic proposals and developed practices, were selected and analyzed. The main results obtained indicate: understandings about the use of free distribution software for teaching-learning practices; the need to integrate this type of tool in teaching activities; and relationships with teacher training in these pedagogical practices.

Keywords: Numerical Analysis Software. GNU Octave. Free Software. Computerization in Education. Teaching Activities.

Revisión bibliográfica sobre el uso del software de análisis de datos: una mirada a Octave

Resumen: Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo investigar cómo el software, código abierto y libre distribución, GNU Octave, ha sido utilizado como recurso didáctico-pedagógico en las áreas de Educación Básica y Educación Superior. La elección de Octave se justifica porque se trata de un software libre, característica que hace viable su uso en diferentes instituciones educativas sin necesidad de utilizar recursos económicos adicionales, ya que es una herramienta computacional compatible con varios sistemas operativos. Para eso, se analizó publicaciones nacionales e internacionales en el área de la enseñanza de las ciencias, buscando dar respuesta a preguntas que permitieron reconocer el estado del arte en cuanto al uso de Octave en la enseñanza de las matemáticas y la física. Ejemplos de tales preguntas: (i) cuál es la naturaleza de estos trabajos; (ii) qué niveles de educación están relacionados; y (iii) qué contenido se cubre. Para la recolección de datos se seleccionó los periódicos de clasificación Qualis Capes A1, A2 y B1 y se adoptó como marco temporal el período completo de publicación de cada una de las revistas consideradas. Fue seleccionado y analizado diez publicaciones, que incluyeron trabajos teóricos, propuestas didácticas y prácticas desarrolladas. Los principales resultados obtenidos indican: comprensión sobre el uso de software de distribución libre para prácticas de enseñanza-aprendizaje; la necesidad de integrar este tipo de herramientas en las actividades docentes; y relaciones con la formación del profesorado en estas prácticas pedagógicas.

Palabras claves: Software de Análisis Numérico. GNU Octave. Software Libre. Informatización en Educación. Actividades Didácticas.

Introdução

A ascensão das ferramentas tecnológicas voltadas à comunicação e à disseminação de informações faz parte de uma revolução socioeconômica e cultural que alterou a forma como a sociedade concebe a produção e o consumo de produtos e serviços, eliminando barreiras físicas que antes dificultavam a troca de experiências e conhecimentos entre as pessoas de diferentes lugares do planeta. De acordo com Nazareno et al. (2007, p. 23),

A evolução tecnológica está sendo responsável por uma verdadeira revolução no sistema produtivo. Os segmentos das telecomunicações, radiodifusão, cabodifusão e informática têm assistido a mudanças radicais em suas estruturas. Uma delas é a convergência tecnológica entre esses setores, até então relativamente autônomos.

O uso de computadores e softwares têm ganhado cada vez mais espaço nos debates relacionados à informatização na educação e às inovações de metodologias de aprendizagem. Isso porque o uso dessas ferramentas permite o desenvolvimento de diferentes estratégias, fomentando a inovação pedagógica, bem como fornece um suporte a alunos e educadores em termos de informações, conteúdos e representações de materiais de cunho didático. Além disso, dentro da área das ciências exatas, os recursos digitais encontrados e utilizados apresentam a possibilidade de integrar metodologias de ensino e proporcionar experiências didáticas diferenciadas que ultrapassem as regularmente desenvolvidas em sala de aula (MARTINHO; POMBO, 2009). Paralelamente a isso, as discussões que decorrem, tanto sobre o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) quanto sobre o uso de ferramentas computacionais no ensino das ciências estão, principalmente, voltadas para a análise da implementação desses recursos dentro do planejamento didático, visando integrar as ferramentas de ensino tradicionais com as digitais ao invés de uma substituição completa de uma pela outra. Tal posicionamento objetiva, principalmente, a capacitação dos professores para que estes se sintam mais seguros em integrar essas tecnologias em suas propostas didáticas (COSTA; NASCIMENTO; ROCHA, 2020).

No entanto, perdura ainda uma importante discussão, que vem sendo realizada desde o século passado, sobre a utilização de recursos de programação em atividades de ensino-aprendizagem nas áreas de física e matemática. A utilização de softwares de programação e modelagem no ensino de física foi reconhecida como prática de grande potencial no início da década de 90 e algumas características desse debate se mantêm ainda hoje, por exemplo, de acordo com Wilson e Redish (1989, p. 37), “Programação e modelagem foram os primeiros usos de computadores na educação em física, e ainda assim permanecem ferramentas amplamente não exploradas e potencialmente poderosas.”

Diante do exposto até aqui, o objetivo deste estudo exploratório é analisar publicações que nos auxiliem a responder a seguinte questão de pesquisa: qual é o estado da arte das publicações que envolvem o software de análise numérica e computação matemática, GNU Octave, como ferramenta didática no Ensino Superior e Básico?

Juntamente à essa questão geral, buscamos contemplar alguns objetivos específicos, como: **(a)** caracterizar e analisar as publicações de pesquisa do tema escolhido; **(b)** delinear problemas de pesquisa futuros; e **(c)** mapear as construções de atividades didáticas baseadas no uso do Octave.

Para isso, realizamos uma análise de publicações nacionais e internacionais que

discutem esse tema e buscam responder questões que nos ajudam a delinear o estado da arte relacionado ao emprego do Octave como recurso didático-pedagógico no contexto do ensino de Física e Matemática. Por fim, tencionamos mostrar a importância da integração de softwares de análise numérica na aprendizagem de física e matemática, ressaltando que a escolha das plataformas de trabalho resulta em perspectiva de real produtividade, eficiência e colaboração para a formação de competência local (DOMINGUES; MENDES JR, 2003).

Metodologia de pesquisa

De acordo com Gerhardt e Souza (2009, p. 13) “A atividade preponderante da metodologia é a pesquisa.”. Quando realizamos um estudo com o intuito de aprofundar nossos conhecimentos e, para isso, utilizamo-nos de processos metódicos, então estamos formando conhecimento científico e nos apropriamos das respostas e indagações encontradas na busca pelos questionamentos iniciais para formular novas perguntas, enriquecer nossas experiências ou melhorar nossas atuações em relação ao objeto de pesquisa. Nesse texto, utilizamos o procedimento de revisão da literatura para delinear o estado da arte acerca da utilização do Octave como ferramenta didático-metodológica em atividades voltadas para a Educação Básica e Ensino Superior na área do ensino de ciências, especialmente da física e matemática.

Revisão da literatura e estado da arte

A revisão da literatura é um processo amplamente utilizado para a realização de trabalhos acadêmicos e científicos e consiste no estudo de diferentes produções, realizadas em um determinado intervalo de tempo, discorrendo sobre um tema ou problema de pesquisa previamente escolhido. Nesse sentido, de acordo com Noronha e Ferreira (2000, p. 191):

Trabalhos de revisão são estudos que analisam a produção bibliográfica em determinada área temática, dentro de um recorte de tempo, fornecendo uma visão geral ou um relatório do estado-da-arte sobre um tópico específico, evidenciando novas ideias, métodos, subtemas que têm recebido maior ou menor ênfase na literatura selecionada.

Dessa forma, a revisão da literatura pode fornecer um panorama histórico da evolução de um tema, em termos teóricos e experimentais, podendo contribuir “na reformulação histórica do diálogo acadêmico por apresentar uma nova direção,

configuração e encaminhamentos”, (VOSGERAU; ROMANOWSKI, 2014, p. 167). Ademais, é através desse estudo exploratório que é possível reconhecer o estado da arte do tema de pesquisa escolhido, trazendo um levantamento dos conhecimentos que se tem em sobre o tema e permitindo a avaliação da situação das produções das áreas em foco (ROMANOWSKI; ENS, 2006).

Neste trabalho, utilizando o procedimento da pesquisa bibliográfica feita através do mapeamento de referências já constituídas, buscamos conhecer os estudos realizados sobre as teorias e práticas que envolvem a utilização do software de código aberto e livre distribuição, GNU Octave, em atividades didáticas de ensino-aprendizagem nas ciências naturais e exatas, mais especificamente na física e na matemática.

Apresentação do software GNU Octave

O GNU Octave⁴ é um software com uma linguagem de programação que permite a resolução de cálculos numéricos lineares e não-lineares de maneira interativa, ao mesmo tempo que proporciona um aprendizado rápido através da sua interface gráfica, de modo que se possa utilizar propriedades com o conhecimento básico de suas ferramentas. De acordo com os elaboradores: “Acreditávamos que, em um ambiente interativo como o do Octave, muitos alunos seriam capazes de aprender o básico rapidamente e começar a usar com confiança em apenas algumas horas.”⁵(GNU, 2020).

Além disso, o GNU Octave é um software livre, ou seja, é redistribuível e aberto a receber funções, melhorias, ser compartilhado e incrementado pela comunidade de usuários e desenvolvedores (ver termos da GNU General Public License (GPL)⁶).

A linguagem do Octave é compatível com o MATLAB⁷ e proporciona ferramentas para a resolução de problemas matemáticos diversos, desde operações algébricas comuns até equações diferenciais e plotagem de gráficos, outrossim, também permite a criação de scripts através de seus diversos operadores lógicos e relacionais. Além da linguagem própria do software, ele ainda permite o uso de outras linguagens em extensão, como C++, C e Fortran. O GNU Octave pode ser adquirido para GNU/Linux diretamente dos aplicativos do sistema, que possuem versões empacotadas do software para suas diferentes distribuições. Para outros sistemas operacionais como Windows e MacOS, também está

⁴ Começou a ser criado em 1988 por James B. Rawlings da Universidade de Wisconsin-Madison e John G. Ekerdt da Universidade do Texas, de acordo com o site oficial.

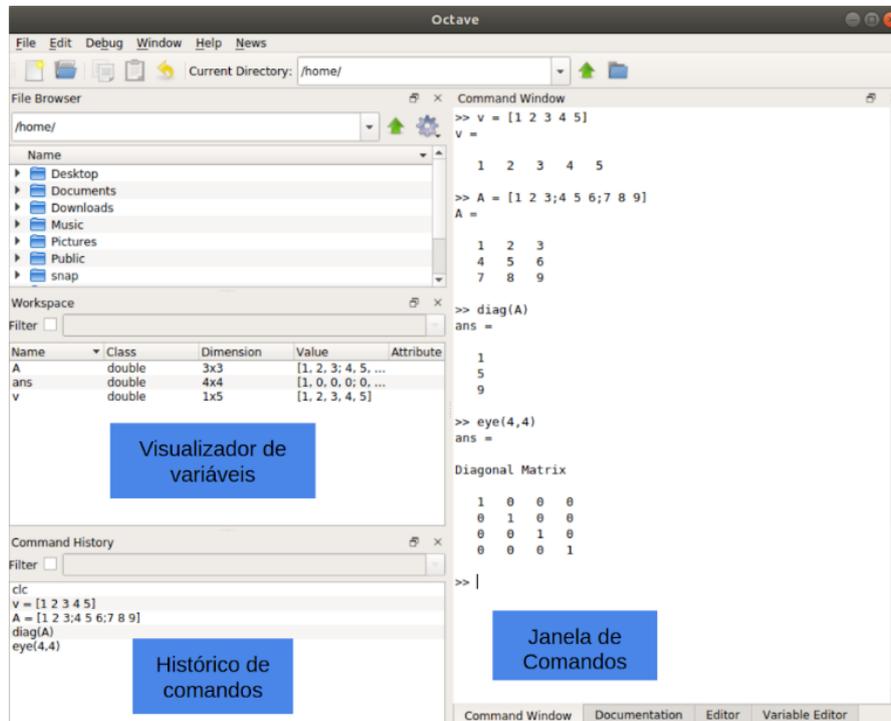
⁵ Em tradução livre, retirado do texto disponível no site do software.

⁶ <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>

⁷ Software proprietário voltado para o cálculo numérico.

disponível para o download gratuito (característica dos softwares livres) no site do software, sendo que para Windows existem três opções de download, para Windows-64 (dispositivos mais recentes); Windows-32 (dispositivos para antigos) e uma versão que possibilita resolução de problemas de álgebra linear com mais de 2 bilhões de elementos.

Figura 1: Importantes Janelas de Utilização



Fonte: *Print Screen*

O Octave oferece funções básicas prontas e criação de variáveis para serem utilizadas nos scripts e nos cálculos. Uma ferramenta muito importante e interessante é o visualizador de variáveis, que permite ao usuário ver e acessar rapidamente as variáveis declaradas e seus respectivos valores em memória, além de conceder acesso, no mesmo ambiente, ao editor de variáveis que permite mudar os valores delas e reorganizá-las diretamente, proporcionando uma ferramenta de criação e edição de arranjos e matrizes. Há também diversas variáveis predefinidas que podem auxiliar nos cálculos numéricos.

O software possui ferramentas de criação de vetores e matrizes de forma facilitada e abrangente, dispendo de comandos de preenchimento por intervalo determinado de células, por acréscimo e decréscimo de valores e por complemento de sequências de 0 ou 1. Além disso, são muitas as possibilidades de operações que podem ser feitas com matrizes e vetores, como adição e eliminação de células, transposição e, claro, as operações matemáticas aplicadas também aos arranjos.

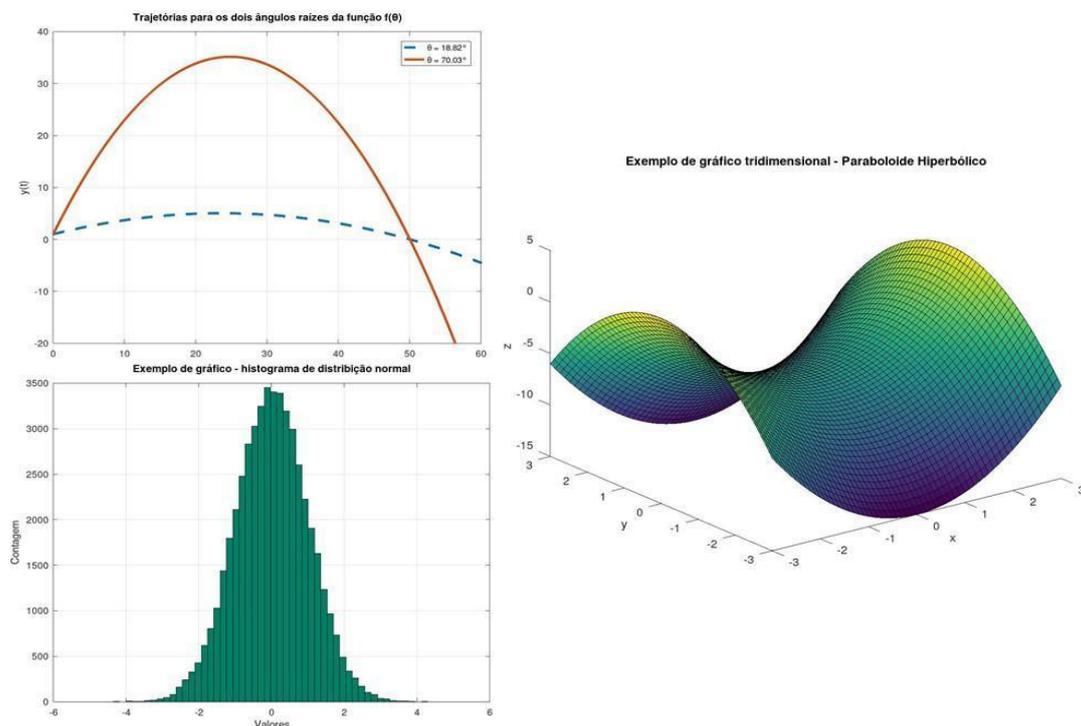
Outra ferramenta que se torna útil no Octave é o histórico de comandos que também

faz parte do ambiente padrão do software. Essa janela permite que o usuário acompanhe em tempo real os comandos que estão sendo utilizados na janela de comandos e que tenha acesso à memória destes, de modo que possa identificar erros mais facilmente, verificar e retomar comandos e operações que já foram utilizados.

O Octave possui funções nativas que auxiliam na análise de dados organizados em arranjos e, através de comandos, permite a rápida obtenção de valores como a média dos elementos de um vetor, o desvio padrão, a soma ou até mesmo um comando que ordena os elementos do arranjo em ordem crescente.

Uma das ferramentas mais interessantes e consideráveis do Octave é o gerador de gráficos. Além da plotagem através de funções e descrição de variáveis, o software permite edições no formato final dos gráficos, possuindo uma gama de comandos que podem ser dados diretamente no momento da plotagem, tais como cores de curvas, marcadores, tipo de linhas e tamanhos destes. Também é possível combinar gráficos para fazer comparações de diferentes funções e dados e, claro, estão disponíveis diferentes formatos de gráficos, alguns exemplos podem ser visualizados na Figura 2.

Figura 2: Exemplos de Gráficos Construídos com o Octave



Fonte: Gráficos construídos pelo autor

Como descrito anteriormente, além de todas as funcionalidades para cálculos numéricos, análise de dados e plotagem de gráficos, o software ainda apresenta a possibilidade de criação de scripts, através de operadores já conhecidos de outras

linguagens de programação. Inclusive, essa é uma grande vantagem do Octave, por ser semelhante a outros softwares em linguagem e por conta de suas funcionalidades, torna-se uma opção muito interessante e viável, dada sua característica de software aberto e gratuito. Como afirmam Santos, Loreto e Gonçalves (2010, p. 62),

Fatores como cooperação, liberdade, custo e flexibilidade são estratégicos para a condução bem sucedida de projetos educacionais mediados por computador. O software livre tem com ética e princípio transmitir conhecimento e garantir aos usuários a liberdade de conhecer, na íntegra, o conteúdo do código fonte dos programas utilizados. Além de garantir maior segurança, privacidade e redução de custos, essa opção aposta no livre desenvolvimento da ciência e da tecnologia, sem as barreiras das licenças proprietárias.

Tendo em vista o debate sobre a informatização na educação e a utilização de recursos computacionais no ensino de física e matemática, assim como a apresentação do software GNU Octave, a seguir, apresentamos a pesquisa realizada neste trabalho.

Procedimento metodológico

Para a realização da revisão de literatura relacionada ao uso do software de análise numérica e código aberto, GNU Octave, as seguintes etapas foram realizadas: (I) seleção das revistas, (II) busca através de palavras-chave, (III) levantamento de publicações e (IV) análise dos artigos. O primeiro destes processos ocorreu na apuração de revistas nacionais e internacionais na plataforma Sucupira, em que é possível acessar a avaliação de periódicos pelo sistema brasileiro Qualis Capes⁸.

Nessa plataforma, escolhemos o período referente às classificações de periódicos do Quadriênio 2013-2016, por ser a última avaliação disponível. A partir disso, selecionamos os periódicos dentro das classificações A1, A2 e B1 (por serem as melhores avaliações), da área de Ensino, para analisarmos os focos de suas publicações e fazermos o levantamento daquelas que se relacionavam com a educação em ciências, principalmente ensino de física e matemática.

Após a apuração das revistas iniciou-se o processo de pesquisa no banco de dados destas — através dos motores de buscas —, de palavras-chave que levassem a artigos relacionados com o escopo de nossa revisão. As palavras-chave utilizadas nos buscadores foram: Octave e GNU Octave. Todo o período de publicação das revistas foi considerado no processo de busca dos trabalhos. Através dessa procura, foi possível encontrar artigos

⁸ A plataforma pode ser acessada pelo link: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/>

que citavam o software GNU Octave e que estavam relacionados com as áreas de ensino que estávamos analisando. Fizemos, então, a seleção desses artigos para começar as análises de seus conteúdos, baseadas em algumas questões que deveriam ser respondidas dentro dos textos. O Quadro 1 mostra as questões que foram analisadas nos artigos e o objetivo de cada uma delas.

Quadro 1: Tópicos de análise dos Artigos

Objetivos das Questões	Questões
<ul style="list-style-type: none"> Investigar os tipos de trabalhos realizados que envolvem o uso do software Octave e o ensino de ciências, em especial física e matemática. 	a. Em que natureza de trabalho o artigo se encaixa? Trabalho teórico, proposta didática, prática desenvolvida? <ul style="list-style-type: none"> Ano da publicação
<ul style="list-style-type: none"> Observar os focos, em termos de níveis de ensino, dos estudos encontrados que envolvem o objeto de estudo. 	b. A qual ou quais níveis de ensino que o trabalho está relacionado?
<ul style="list-style-type: none"> Observar quais conteúdos estão sendo abordados nos estudos e práticas realizadas. 	c. A que conteúdos de física/matемática os trabalhos estão relacionados?
<ul style="list-style-type: none"> Compreender os tipos de atividades didáticas que constituem os trabalhos de prática desenvolvida, observando os níveis de complexidade que envolvem o uso do Octave nelas. 	d. Tipo de atividades desenvolvidas - A que atividades didáticas o Octave estava conectado? <ul style="list-style-type: none"> Grau de complexidade em relação aos comandos.
<ul style="list-style-type: none"> Através do levantamento das publicações e da análise de seus conteúdos, localizar e compreender os avanços, desafios e os principais resultados encontrados nas aplicações que envolvem o GNU Octave como ferramenta didática. 	e. Avanços e desafios das publicações que apresentam implementação avaliada <ul style="list-style-type: none"> Quais os principais resultados das propostas com implementação?

Fonte: Produção dos autores

A questão (a), do Quadro 1, foi utilizada para classificar os artigos em relação à natureza dos trabalhos desenvolvidos. Dessa forma é possível analisar como a utilização do software GNU Octave se dá nos artigos publicados sobre o assunto, isto é: quais são os debates, as propostas que existem e os resultados das aplicações, quando realizadas. Esse processo de categorização se deu a partir da análise do foco dos trabalhos selecionados. A seguir, definimos cada uma das categorias que foram desenvolvidas:

- Trabalho teórico: pesquisas de cunho teórico, que expõe estudo exploratório ou descritivo a respeito do tema de pesquisa ou que apresenta um objeto de estudo. Aborda problemáticas, teorias, debates, formula novos questionamentos ou traz informações sobre o estado da arte do assunto pesquisado sem, porém, apresentar

um proposta de aplicação concreta;

- Proposta didática: trabalhos que apresentam pelo menos uma proposta de atividade/currículo, trazendo ideias e questionamentos sobre aplicações que podem ser desenvolvidas sem, no entanto, implementá-las.
- Prática desenvolvida: artigos que apresentam experiências de implementação e que trazem dados explícitos sobre os resultados e sobre o desenvolvimento da aplicação, tais como progressos e desafios encontrados.

As questões foram desenvolvidas com o intuito de guiar a análise dos artigos, estabelecendo um padrão de pesquisa que deveria ser realizado em todos eles, buscando diferentes argumentos e resultados a respeito dos estudos já realizados sobre o tema. O desenvolvimento dessa etapa de pesquisa é descrito na seção de resultados.

Resultados

A análise das publicações se deu através da investigação dos tópicos mostrados no Quadro 1. Para cada texto, realizamos a busca pelas respostas das questões e, com isso, pudemos entender o estado da arte do uso do Octave no ensino, principalmente de física e matemática, nos contextos da Educação Básica e do Ensino Superior, buscando adquirir, por meio disso, conhecimentos a respeito das discussões e práticas que envolvem o tema.

No primeiro momento, 91 revistas foram selecionadas para entrarem na pesquisa com as palavras-chave (já delineadas na seção de Procedimento metodológico), sendo 37 nacionais e 54 internacionais classificadas de acordo com o Qualis Capes como A1 (25 revistas), A2 (33 revistas) e B1 (33 revistas). Dessa seleção, a busca pelas palavras-chave resultou em um conjunto de duas revistas nacionais e cinco internacionais com classificações A1 e A2 que possuíam publicações relacionadas ao Octave e à área do ensino de ciências exatas. Nenhuma revista com classificação B1 apresentou publicações do escopo da nossa pesquisa.

Pesquisando através dos buscadores das revistas, ao todo foram encontradas dez publicações que estavam dentro do escopo de nossa revisão, sendo que nas revistas nacionais o resultado foi de apenas três textos. Já para as revistas internacionais, sete publicações foram encontradas sobre o software alvo de nosso estudo. O Quadro 2 permite a visualização das publicações analisadas⁹.

⁹ Os links para as publicações podem ser encontrados na seção de referências.

Quadro 2: Relação das revistas e artigos analisados

Qualis	Revista	Artigo	Autores	Ano da publicação
A1	CULTURAL STUDIES OF SCIENCE EDUCATION (ONLINE)	An interdisciplinary collaboration between computer engineering and mathematics/bilingual education to develop a curriculum for underrepresented middle school students	Sylvia Celedón-Pattichis, Carlos Alfonso LópezLeiva, Marios S. Pattichis, Daniel Llamocca	2013
	EUROPEAN JOURNAL OF PHYSICS (PRINT)	Studying a physics problem with the help of open source software	Andrea Mandanici	2018
	REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA (ONLINE)	Análise do movimento de um ponto de luz sobre um plano inclinado	Priscila Freitas-Lemes, Douglas Carlos Vilela, Murilo Gelly Guarnieri, Rafael de Oliveira Prado, Thiago Filipe de Medeiros, José Silvério Edmundo Germano	2018
		Introdução a programas físico-matemáticos livres	Margarete Oliveira Domingues, Odim Mendes Jr.	2003
	INTERNATIONAL JOURNAL OF MATHEMATICAL EDUCATION IN SCIENCE AND TECHNOLOGY	Computer programming in the UK undergraduate mathematics curriculum	Christopher J. Sangwin, Claire O'Toole	2017
		Mathematical e-learning: state of the art and experiences at the Open University of Catalonia	A. Juan, A. Huertas, C. Steegmann, C. Corcoles C. Serrat	2008
	REVISTA EUREKA SOBRE ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LAS CIENCIAS	Enseñando a programar por ordenador en la resolución de problemas de Física de Bachillerato	Cristina Roldán Segura, Francisco Javier Perales Palacios, Beatriz Ruiz Granados, Cristina Moral Santaella, Ángel De la Torre	2017
A2	ACTA DIDACTICA NAPOCENSIA	What Software to Use in the Teaching of Mathematical Subjects?	Štefan Berežný	2015
		The MATH--Open Source Application for Easier Learning of Numerical Mathematics	Henrich Glaser-Opitz, Kristína Budajová	2016
	REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA	Caracterização dos Produtos Desenvolvidos por um Programa de Mestrado Profissional da Área de Ensino de Ciências e Tecnologia	Tania Mara Niezer, Fabiane Fabri, Antonio Carlos Frasson, Luiz Alberto Pilatti	2015

Fonte: Produção dos autores

A fim de indicarmos os conteúdos explorados nos textos selecionados, apresentamos uma breve discussão acerca de cada artigo englobado no mapeamento.

- *An interdisciplinary collaboration between computer engineering and mathematics/bilingual education to develop a curriculum for underrepresented middle school students* (CELEDÓN-PATTICHIS et al., 2013): apresenta uma experiência de implementação curricular que aborda as áreas de engenharia da computação e matemática em conjunto, com o objetivo de desenvolver habilidades e motivar os alunos às carreiras relacionadas à ciência e tecnologia. Dentre os avanços e desafios encontrados estão a visualização de habilidades dos alunos nas atividades de projeção e comunicação de imagens através da programação e a falta de desenvolvimento profissional para os professores nas áreas de computação. Os principais resultados obtidos se mostram na integração da aprendizagem tradicional (com lápis e papel) e o uso de computadores e recursos digitais.
- *Studying a physics problem with the help of open source software* (MANDANICI, 2018): expõe uma demonstração do uso de softwares de código aberto para o estudo de três problemas de física: (i) a resposta transitória do circuito RLC; (ii) simulando a dispersão de luz branca através de um prisma e (iii) simulando o perfil de velocidade de uma gota de óleo caindo no ar como no experimento de *Millikan*. Quanto a avanços e desafios, o autor afirma que o tipo de proposta apresentado permite melhor compreensão dos modelos teóricos e os resultados das atividades utilizando os softwares, dentre eles o Octave, podem ser incorporados em textos e trabalhos. O autor considera que as ferramentas como o Octave podem ser usadas por estudantes, educadores e pesquisadores, mesmo que estes possuam pouca experiência ou conhecimentos em programação, para simular comportamentos de sistemas, proporcionando o melhor entendimento dos modelos, e avaliar observações físicas.
- *Análise do movimento de um ponto de luz sobre um plano inclinado* (FREITAS-LEMES et al., 2018): realização de experimento baseado na metodologia PBL (*Problem Based Learning*). O trabalho relata o resultado de uma atividade desenvolvida por estudantes do curso de engenharia do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) ao longo do curso de Física Experimental I. Quanto aos avanços e resultados encontrados estão o desenvolvimento de habilidades e competências diferentes daquelas trabalhadas no modo tradicional de ensino, tais como aplicar conhecimentos matemáticos, resolver problemas e utilizar novas ferramentas, além

de promover desafios e novas situações a serem resolvidas.

- *Introdução a programas físico-matemáticos livres* (DOMINGUES; MENDES JR., 2003): apresentação e análise de quatro ferramentas *open source* para uso no ensino de física e matemática: GNU/OCTAVE, GNU/MAXIMA, OPENDX e RCS, com a finalidade de encorajar usuários, tais como professores, estudantes e pesquisadores, no uso desses recursos. Traz questionamentos sobre a escolha dos ambientes informatizados e as ferramentas adquiridas pelas instituições em geral, que devem ser bem pensadas em termos de custo/benefício e devem levar em consideração as perspectivas de produtividade, segurança, eficiência e colaboração em seu uso. Como resultados, prevê que o uso de ferramentas de livre distribuição permite que alunos e usuários continuem seus projetos com mais facilidade e ampliem soluções dentro das ferramentas que podem ser adotadas, permitindo novas perspectivas em termos de trabalhos científicos e de ensino-aprendizagem.
- *Computer programming in the UK undergraduate mathematics curriculum* (SANGWIN; O'TOOLE, 2017): expõe uma investigação sobre a formação dos alunos de graduação em matemática, no Reino Unido, em relação à programação, com o objetivo de responder à questão: “até que ponto os alunos de graduação em matemática são ensinados a programar um computador como parte central de seu programa de graduação em matemática no Reino Unido? (...)”. Quanto aos avanços e desafios, percebeu-se que conteúdos como sistemas de álgebra computacional se mostraram menos populares em cursos iniciais do que em anos anteriores à pesquisa realizada. Alguns tópicos, como lógica de programação, não estavam sendo desenvolvidos pelos alunos no curso. Aponta, como um resultado da pesquisa, a importância de tornar o ensino de programação parte integrante dos cursos em matemática e que a programação não estava sendo ensinada de forma que causasse impactos sérios no dia a dia e aprendizado dos alunos.
- *Mathematical e-learning: state of the art and experiences at the Open University of Catalonia* (JUAN et al., 2008): apresenta uma revisão do estado da arte do *e-learning* na matemática, discutindo aspectos sobre ensino de informática e programação, uso de tecnologias no ensino, cursos oferecidos, programas e projetos relacionados ao assunto, assim como experiências pessoais dos autores na área da matemática *e-learning*. Percebeu-se que as práticas baseadas no uso de softwares, nesses cursos, aumentam a motivação dos alunos durante o processo de aprendizagem, o que acaba influenciando seu desempenho positivamente. Porém, o trabalho aponta as

dificuldades metodológicas de integração do aprendizado eletrônico e ensino tradicional, relacionadas ao desenvolvimento de ferramentas para essa integração. O resultado da revisão prevê que o aprendizado eletrônico deve ser implementado com cada vez mais ênfase ao longo dos anos, pois os resultados das práticas realizadas revelaram um aumento do interesse dos alunos pela matemática e suas avaliações nos cursos.

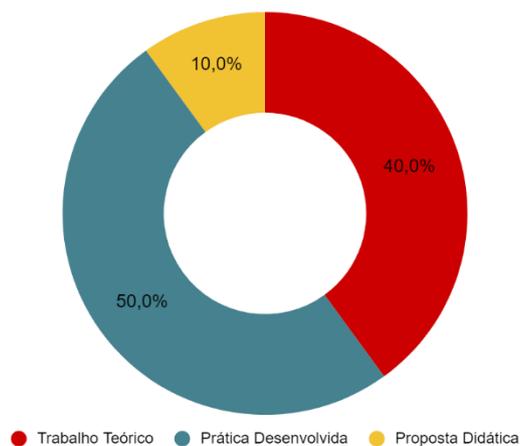
- *Enseñando a programar por ordenador en la resolución de problemas de Física de Bachillerato* (SEGURA et al., 2017): o trabalho apresenta uma proposta didática para introduzir atividades de programação na resolução de problemas de física, tendo dois objetivos principais: facilitar o entendimento e assimilação de conteúdos de física através de simulações e iniciar os alunos na programação. Uma das dificuldades encontradas para a realização da proposta didática apresentada é a motivação e o treinamento do corpo docente. Além disso, observou-se que os alunos possuem, em geral, conhecimentos escassos de programação e softwares de programação, além de ser escasso também o conhecimento em informática. Entre os resultados estão a diferença na consideração dos alunos quanto à programação, que se mostraram mais motivados para essas atividades, assim como os professores, e o entendimento da importância da programação em suas carreiras.
- *What Software to Use in the Teaching of Mathematical Subjects?* (BEREŽNÝ, 2015): o artigo descreve o uso prático de softwares no ensino de matemática e as experiências de uso pelos alunos e pedagogos. O autor explana sobre seus oito anos de experiência com a utilização de softwares no ensino em uma universidade, quais os conteúdos abordados, como eram realizadas as propostas e a quais atividades eram relacionadas, assim como os resultados obtidos dessas práticas. Apresenta resultados que podem auxiliar os profissionais do ensino a utilizar softwares abertos, como Octave, em conteúdos de matemática. Identifica problemas de desenvolvimento que envolvem a falta de experiência e habilidades no uso de softwares e o tempo necessário para que os alunos adquiram esse conhecimento. Percebeu-se que o uso de softwares no ensino deve melhorar os resultados dos alunos, mas somente se eles tiverem conhecimentos prévios do software disponível, principalmente para alunos ingressantes no ensino superior. O trabalho aponta que seria interessante que esses conhecimentos fossem desenvolvidos no ensino básico.
- *The MATH--Open Source Application for Easier Learning of Numerical Mathematics*

(GLASER-OPITZ; BUDAJOVÁ, 2016): o trabalho apresenta um aplicativo chamado MATH como suporte à educação de Matemática e Matemática Aplicada, com foco em Matemática Numérica. O autor cita uma implementação que foi realizada em um curso de matemática aplicada na Universidade Técnica de Košice, porém, o foco do trabalho é a apresentação do aplicativo e suas funcionalidades, assim como dicas de como pode ser usado e seus diferenciais, pois quanto à implementação não mostra resultados nem cita o desenvolvimento desta. Nesse artigo, o Octave é citado como um dos softwares que pode ser utilizado para cálculo numérico em atividades com problemas de matemática numérica. Como resultados apresentados, o autor afirma que a implementação do aplicativo MATH no processo de educação mostrou grande potencial de ajuda para alunos de graduação e pós-graduação com matemática numérica, melhorando habilidades de forma mais acelerada do que com outros métodos tradicionais.

- *Caracterização dos Produtos Desenvolvidos por um Programa de Mestrado Profissional da Área de Ensino de Ciências e Tecnologia* (NIEZER et al., 2015): é um estudo exploratório que faz um mapeamento dos produtos obtidos a partir de dissertações de determinado programa de pós-graduação. Um dos trabalhos encontrados no mapeamento era sobre o uso do Octave no ensino de funções para a Educação Básica.

A partir dos dados colocados no Quadro 2, partimos para a análise dos tópicos que constituíram a base para nossa revisão. A Figura 2 mostra os resultados encontrados em relação à questão (a), sobre os tipos de trabalhos propostos nas publicações.

Figura 2: Distribuição das publicações em relação à natureza dos trabalhos encontrados



Fonte: Produção dos autores

Pode-se notar que quase metade dos trabalhos relacionados com o software, e que envolvem ensino, são teóricos (4 trabalhos ao todo), enquanto a outra parte abrange práticas desenvolvidas e propostas didáticas (somando 6 no total). Tendo como base essas informações e sabendo que o uso de softwares e programação é um assunto que vem sendo debatido já há alguns anos na área do ensino de ciências e tecnologia — de fato, desde que os primeiros computadores foram introduzidos nas escolas, por volta da década de 90, a aplicação da informática no ensino têm acompanhado a evolução das principais teorias de aprendizagem (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003) —, é importante questionarmos sobre os motivos de não termos mais trabalhos de práticas desenvolvidos sobre o tema e o porquê de, com os trabalhos que mostram a importância da integração do ensino de matemática e física com a programação, softwares e ferramentas digitais em geral, esse tipo de proposta didática ainda não é amplamente realizada dentro dos planos pedagógicos nos diferentes níveis de ensino e, assim, não aparecem em grande número nas publicações. Nesse sentido, como apontam Araujo e Veit (2011, p. 12), “O desenvolvimento instrucional deve estar acoplado à pesquisa em ensino ou, pelo menos, levar em conta o conhecimento produzido pela pesquisa em ensino e os enfoques teóricos sobre aprendizagem(...)”.

Uma hipótese para tal constatação refere-se às dificuldades encontradas em relação à formação dos professores, que mostram resistência ao desenvolvimento de práticas pedagógicas que envolvam recursos digitais, muitas vezes, por não terem sido apresentados a essas metodologias, de acordo com Brito (2006, p. 16) existe

a necessidade que os professores sejam preparados, desde a graduação, para um trabalho efetivo com as tecnologias. Não basta apenas instrumentalizá-los, é necessário que estes tenham bem claro o conceito de tecnologias, pois este vai muito além de meros equipamentos que geralmente é aliado ao conceito reducionista de “inclusão digital”.

Outra dificuldade que pode impedir que esse tipo de trabalho seja realizado é o tempo que os alunos levariam para aprender a utilizar essas ferramentas e que o professor necessitaria para planejar as atividades. De acordo com Ropoli e Amorim (2008, p. 2), “O primeiro obstáculo seria o tempo requerido para o desenvolvimento de material instrucional e para a interação com estudantes.”. Por esses motivos, um software como o Octave, que permite uma grande quantidade de processos com comandos simples, apresenta-se como um recurso interessante e viável para o desenvolvimento desses tipos de práticas pedagógicas.

Em relação aos níveis de ensino abordados nas publicações analisadas (questão b do Quadro 1), notamos uma tendência para estudos e projetos desenvolvidos no Ensino Superior, visto que todos os artigos citaram este contexto como um dos focos de implementação, ou, nos trabalhos teóricos, discutiram a importância da implementação dessas práticas didáticas nesse nível de ensino. Quanto à Educação Básica, três das publicações — (CELEDÓN-PATTICHIS et al., 2013; DOMINGUES; MENDES JR., 2003; NIEZER et al., 2015) — abordam, também, sobre esse nível de ensino, sendo uma implementação e dois trabalhos teóricos, o que pode indicar maiores dificuldades no desenvolvimento de práticas pedagógicas com recursos digitais na Educação Básica.

Considerando isso, há indícios de que a educação básica apresenta um conjunto diversificado de dificuldades, relacionadas ao ensino de disciplinas como física e matemática, que vão além dos entraves ao uso de computadores e aplicativos. Por exemplo, no âmbito do ensino de física, destacam-se dificuldades como falta de laboratório didático, carga horária reduzida, a grande quantidade dos conteúdos de mecânica e a formação dos professores em outras áreas (MARTINS; GARCIA, 2011).

Apesar disso, a importância do conhecimento de programação nas áreas analisadas já é um consenso e, por isso, como é citado por Berežný (2015) em uma das publicações analisadas, seria interessante que os alunos chegassem ao ensino superior com conhecimentos básicos de programação, a fim de que práticas pedagógicas com o uso dessas ferramentas fossem melhor incorporadas no dia a dia de estudo e na suas carreiras acadêmicas e profissional. É claro que esta observação tem como limitantes as dificuldades citadas anteriormente, bem como levanta outras questões a respeito da educação básica e da educação digital no Brasil.

Em relação à formação de professores, dois dos trabalhos teóricos revisados citam a importância de projetos — que envolvem o uso de TICs e recursos como o Octave — serem, primeiramente, parte da formação dos professores (JUAN et al., 2008; NIEZER et al., 2015). Considerando a importância na formação inicial continuada, em um dos trabalhos práticos revisados, que propunha um currículo envolvendo recursos digitais, os professores foram citados como um dos públicos-alvo da proposta nele desenvolvida (CELEDÓN-PATTICHIS et al., 2013). Dessa forma, depreende-se que o processo de formação de professores precisa contemplar o estudo e o uso dessas ferramentas tecnológicas e que essa é uma condição fundamental para viabilizar o uso dessas ferramentas, visto que nos parece claro que o professor que não utiliza os recursos tecnológicos pode ser aquele que não os conhece ou não tem formação para tal.

Passamos, agora, para a terceira questão que norteia esta pesquisa (questão c, Quadro 1), na qual analisamos os conteúdos de física e matemática abordados nas publicações revisadas. Por meio dessa análise, foi possível notar que, em geral, o software de análise numérica é utilizado para modelagem e observação de dados (FREITAS-LEMES et al., 2018), assim como manipulação de matrizes e construção de gráficos (CELEDÓN-PATTICHIS et al., 2013; FREITAS-LEMES et al., 2018; MANDANICI, 2018).

Outra aplicação proposta, dentre os trabalhos revisados, foi o emprego dessas ferramentas para a resolução de problemas de diferentes níveis de dificuldade e áreas da física (SEGURA et al., 2017) e matemática (BEREŽNÝ, 2015), abordando conteúdos como álgebra, matemática numérica e estatística, na matemática; eletrônica (BEREŽNÝ, 2015; CELEDÓN-PATTICHIS et al., 2013; GLASER-OPITZ; BUDAJOVÁ, 2016; MANDANICI, 2018), óptica, cinemática, dinâmica e energia na física (FREITAS-LEMES et al., 2018; JUAN et al., 2008; MANDANICI, 2018; SEGURA et al., 2017), além de proporcionar o contato com a programação (SANGWIN; O'TOOLE, 2017; SEGURA et al., 2017). Apesar da abrangência de recursos, dos seis trabalhos entre prática desenvolvida e proposta didática, quatro deles (CELEDÓN-PATTICHIS et al., 2013; JUAN et al., 2008; MANDANICI, 2018; SEGURA et al., 2017) apresentam grau de complexidade em relação aos comandos do básico ao intermediário, o que pode indicar atividades com níveis introdutórios.

Os resultados apresentados nos trabalhos que desenvolveram propostas aplicadas ou implementadas evidenciam avanços importantes, tais como a visualização de habilidades dos alunos nas atividades de projeção e comunicação de imagens através da programação (CELEDÓN-PATTICHIS et al., 2013) e a observação de que a programação ajuda na materialização de algumas etapas nas estratégias de resolução de problemas em física (SEGURA et al., 2017) e matemática (BEREŽNÝ, 2015). Mais resultados que parecem promissores são que, após um dos projetos de implementação piloto, os alunos melhoraram suas opiniões quanto à programação, ou seja, houve uma mudança de atitude frente a atividades de programação, apresentando uma postura mais ativa e considerando tais atividades como construtivas para suas formações, assim como se mostraram mais treinados e motivados para elas (SEGURA et al., 2017).

Ainda em Segura et al. (2017), a experiência fez com que os alunos enxergassem que a programação está muito ligada às suas áreas de estudo e que é importante em termos profissionais e pessoais. Essas respostas às práticas desenvolvidas retornam o debate da inclusão de recursos como o Octave em atividades didáticas, dentro de um plano de ensino que faça uma integração das metodologias de ensino, e não uma substituição,

pois é necessário mais do que o conhecimento de programação, sintaxes e manuseio de softwares, mas sim a visualização e a ampliação das possibilidades que existem para o aprendizado de diferentes conteúdos, de acordo com o que afirmam Fiolhais e Trindade (2003) a tecnologia não basta por si só, aos professores cabe o importante papel de fazer a rendibilização desses meios pedagógicos e aos alunos o esforço efetivo de aprendizagem.

Em contrapartida, muitos foram também os desafios encontrados nas implementações, principalmente relacionados com a falta de desenvolvimento profissional para os professores nas áreas de computação (CELEDÓN-PATTICHIS et al., 2013), motivação e treinamento do corpo docente (SEGURA et al., 2017) e na identificação de problemas de desenvolvimento que envolvem a falta de experiência e habilidades no uso de softwares e o tempo necessário para que os alunos adquiram esse conhecimento (BEREŽNÝ, 2015).

Essas dificuldades refletem a resistência de alunos e professores quanto ao uso de ferramentas como o Octave que se dá, na maioria dos casos, em função do desconhecimento de linguagens de computação (BARBOSA; CARVALHAES; COSTA, 2006). Não à toa que a formação de professores aparece nas publicações, como citado anteriormente, pois o desenvolvimento das atividades de ensino-aprendizagem com o uso desse tipo de software deve ser integrado ao trabalho do professor o qual precisa conhecer as ferramentas e desenvolver as atividades. Para isso é necessária a formação construcionista dos professores citada por Romano, Schimiguel e Fernandes (2019), em que o computador não deve ser utilizado como uma reprodução de modelos pedagógicos convencionais, mas uma máquina com a qual os alunos possam construir uma percepção própria do uso da tecnologia.

Mas há também a identificação do analfabetismo em relação à programação, por parte dos alunos, mesmo que uma grande parcela deles utilizem computadores de forma recorrente e sejam considerados nativos digitais (SEGURA et al., 2017), o que é uma barreira a ser vencida quanto ao uso desses recursos em atividades didáticas.

Os trabalhos teóricos e propostas didáticas mostram que a integração entre os recursos digitais, como o software Octave, permite melhor compreensão dos modelos e os resultados podem ser incorporados em textos e trabalhos, além disso, o fato deste ser de código aberto e livre distribuição pode ajudar no desenvolvimento de propostas e na continuidade da formação dos alunos, visto que, conforme Pretto, Souza e Rocha (2011, p. 169),

Se a questão é compartilhar o conhecimento, então devemos começar compartilhando o conhecimento chave que torna possível o acesso à informação em escala global, ou seja, os seus códigos. Além do acesso pleno à rede, entendemos que esses projetos precisam ter um compromisso político com a divulgação e utilização de softwares livres.

Por fim, os principais resultados apresentadas pelas publicações em relação ao uso do software em propostas e práticas didáticas mostram que ferramentas computacionais, como o Octave, podem ser usadas por estudantes, educadores e pesquisadores, mesmo com pouca experiência ou conhecimentos em programação, para simular comportamentos de sistemas ou avaliar observações físicas, além disso, o uso de softwares de livre distribuição permite que alunos e usuários continuem seus projetos com mais facilidade e ampliem soluções dentro das ferramentas que podem ser adotadas, aumentando a integração entre o ensino tradicional e eletrônico (DOMINGUES; MENDES JR., 2003).

Com as análises realizadas, é possível visualizar os fatores que podem ou não motivar o uso de softwares de análise de dados e cálculo numérico, como o GNU Octave, em atividades de ensino-aprendizagem na área da física e da matemática, assim como desenvolver debates a respeito desse tema que possam auxiliar em futuros trabalhos na área.

Considerações finais

Após a análise dos periódicos e das publicações, foi possível notar que, apesar do debate acerca do uso de recursos digitais no ensino de física e matemática ser bastante defendido na área da educação, ainda são poucos os trabalhos que contemplam a descrição e análise de propostas didáticas implementadas, as quais abordam o uso de um software abrangente e de livre distribuição, tal como GNU Octave. Esse resultado ajuda a corroborar o que vem sendo observado na literatura já há algum tempo, especialmente no que diz respeito à fragilidade da formação dos professores em relação ao uso pedagógico dos recursos digitais.

Argumentamos, a partir da presente revisão bibliográfica, que a utilização de softwares de código aberto e de livre distribuição pode propiciar o desenvolvimento de propostas com potencial de fomentar uma aprendizagem continuada. Similarmente, evidenciamos que o uso dessas ferramentas integrado ao ensino de conteúdos científicos, tem potencial de proporcionar experiências didáticas, em que são desenvolvidas habilidades que perpassam todo o processo de aprendizagem do aluno e, conseqüentemente, a sua vida profissional.

Outro ponto a ser destacado é que O GNU Octave, como abordado nas publicações analisadas, é uma ferramenta flexível, mostrando-se promissora no âmbito de diferentes práticas pedagógicas, podendo ser integrada a distintas propostas didáticas, as quais podem contemplar uma variedade de conteúdos científicos e objetivos didáticos.

Apesar das várias possibilidades que o uso do Octave apresenta, muitos dos trabalhos revisados citam a dificuldade de se utilizar suas ferramentas quando existe a falta de experiência e habilidades prévias de programação, mesmo que básicas. Este é um dos entraves que dificulta o trabalho dos docentes, principalmente em se tratando do Ensino Básico, pois, além do tempo necessário para a formulação do planejamento didático e a estrutura física requerida, há a questão do domínio de noções básicas de uso do software por parte do docente.

Por fim, ressaltamos a importância do uso de ferramentas de livre distribuição, pois além de reduzir custos, elas possibilitam o ensino continuado e auxiliam no desenvolvimento de atividades que podem proporcionar experiências de aprendizagem que não se limitam às salas de aula. Ademais, esses recursos incentivam o livre desenvolvimento da ciência e podem alcançar diferentes públicos.

Dessa forma, como dito anteriormente, a utilização dessa ferramenta não será desvinculada da realidade dos alunos e professores, propiciando uma autonomia de utilização e liberdade em relação à implementação em escolas, universidades, e no cotidiano de estudos.

Por fim, destacamos que, com a presente revisão bibliográfica, não pretendíamos abordar de forma abrangente ou esgotar a temática abordada neste trabalho. Entretanto, buscamos compreender o estado da arte do uso do Octave no ensino de física e matemática, mapeando debates teóricos e propostas aplicadas que vêm sendo desenvolvidos a respeito do objeto de pesquisa e, com isso, auxiliar nos futuros desdobramentos de trabalhos e projetos de prática pedagógica que tencionam o uso de softwares, como o Octave, no ensino de ciências.

Referências

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 5-18, 2011.

BARBOSA, A. C. de C.; CARVALHAES, C. G.; COSTA, M. V. T. A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 249-254, 2006.

BEREŽNÝ, Š. What Software to Use in the Teaching of Mathematical Subjects? **Acta Didactica Napocensia**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 75-85, 2015.

BRITO, G. S. Inclusão digital do profissional professor: entendendo o conceito de tecnologia. *In*: ENCONTRO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM CIÊNCIAS SOCIAIS, 30, 2006, Caxambu, MG. **GT 24 - Tecnologias de informação e comunicação: controle e descontrol** [...]. São Paulo: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ciências Sociais, 2006.

CELEDÓN-PATTICHIS, S. *et al.* An interdisciplinary collaboration between computer engineering and mathematics/bilingual education to develop a curriculum for underrepresented middle school students. **Cultural Studies of Science Education**, [s. l.], v. 8, p. 873-887, 2013.

COSTA, P. M.; NASCIMENTO, G.; ROCHA, M. O impacto do uso de tecnologias no desempenho docente – estudo comparativo entre Brasil e Portugal. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 6, p. 607-623, 18 out. 2020.

DOMINGUES, M. O.; MENDES JR., O. Introdução a programas físico-matemáticos livres. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 148-156, jun. 2003.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259-272, set. 2003.

FREITAS-LEMES, P. *et al.* Análise do movimento de um ponto de luz sobre um plano inclinado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 41, n. 1, 8 out. 2018.

GERHARDT, T. E.; SOUZA, A. C. D. Aspectos Teóricos e Conceituais. *In*: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. cap. 1. p. 13-32, (Educação a Distância).

GLASER-OPITZ, H.; BUDAJOVÁ, K. The MATH--Open Source Application for Easier Learning of Numerical Mathematics. **Acta Didactica Napocensia**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 45-50, 2016.

GNU. **GNU Octave**. Scientific Programming Language. [S. l.]. GNU Octave, 2020.

JUAN, A. *et al.* Mathematical e-learning: state of the art and experiences at the Open University of Catalonia. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 455-471, 7 jul. 2008.

MANDANICI, A. Studying a physics problem with the help of open source software. **European Journal of Physics**, [s. l.], v. 39, n. 5, 27 jul. 2018.

MARTINHO, T.; POMBO, L. Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais – um estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 527-538, 2009.

MARTINS, A. A.; GARCIA, N. M. D. Ensino de Física e Novas Tecnologias de Informação e Comunicação: Uma Análise da Produção Recente. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE

PESQUISA E EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VIII., 2011, Campinas, SP. **Atas do VIII ENPEC** [...]. São Paulo: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011.

NAZARENO, C. *et al.* **Tecnologia da Informação e Sociedade: o panorama brasileiro**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2007. 187 p. (Série temas de interesse do legislativo). Coordenação de Publicações.

NIEZER, T. M. *et al.* Caracterização dos Produtos Desenvolvidos por um Programa de Mestrado Profissional da Área de Ensino de Ciências e Tecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [s. l.], v. 8, n. 3, 2015.

NORONHA, D. P.; FERREIRA, S. M. S. P. Revisões de Literatura. *In*: CAMPELLO, B. S.; CENDÓN, B. V.; KREMER, J. M. (Org.). **Fontes de Informação para Pesquisadores e Profissionais**. Belo Horizonte: UFMG, 2000. cap. 14. p. 191-198.

PRETTO, N. L.; SOUZA, J. S.; ROCHA, T. B. Tabuleiro Digital: uma experiência de inclusão digital em ambiente educacional. *In*: BONILLA, M. H. S.; PRETTO, N. de L. (Org.). **Inclusão digital: polêmica contemporânea**. v. 2, Salvador: EdUFBA, 2011, p. 163-182.

ROMANO, G. O.; SCHIMIGUEL, J.; FERNANDES, M. E. Uma revisão bibliográfica e pesquisa sobre livros didáticos de Matemática, tecnologia e ensino de geometria no Ensino Fundamental e Médio. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 10, n. 4, p. 212-226, 18 jul. 2019.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo "Estado da Arte" em educação. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 6, n. 19, p. 37-50, 2006.

ROPOLI, E. A.; AMORIM, J. A. Resistência à educação a distância nas instituições de ensino superior: gerenciamento dos impactos das mudanças. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL ABED DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 14., 2008, Santos, SP. **Anais do 14º Congresso Internacional ABED de Educação a Distância** [...]. São Paulo: Associação Brasileira de Educação a Distância, 2008.

SANGWIN, C. J.; O'TOOLE, C. Computer programming in the UK undergraduate mathematics curriculum. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, [s. l.], v. 48, n. 8, p. 1133-1152, 20 abr. 2017.

SANTOS, R.; LORETO, A.; GONÇALVES, J. Avaliação de softwares matemáticos quanto a sua funcionalidade e tipo de licença para uso em sala de aula. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 1, n. 1, p. 47-65, 1 jan. 2010.

SEGURA, C. R. *et al.* Enseñando a programar por ordenador en la resolución de problemas de Física de Bachillerato. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, [s. l.], v. 15, n. 1, 10 set. 2017.

VOSGERAU, D. S. R.; ROMANOWSKI, J. P. Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 14, n. 41, p. 165-186, 2014.

WILSON, J. M.; REDISH, E. F. Using Computers in Teaching Physics: Computers can revolutionize not only the way we teach physics but also what physics we teach. **Physics Today**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 34-41, 1989.