Tangram
Revista de Educação Matemática

DOI: 10.30612/tangram.v7i1.17596

A não Obrigatoriedade do Ensino dos Números Complexos na Educação Básica: reflexões e posicionamento de futuros professores de Matemática

The non-mandatory teaching of Complex Numbers in Basic Education: reflections and positioning of future Mathematics teachers

La enseñanza no obligatoria de los Números Complejos en la Educación Básica: reflexiones y posicionamientos de los futuros profesores de Matemáticas

Fernanda Vital de Paula
Curso de Licenciatura em Matemática, Universidade Federal do Norte do Tocantins - UFNT
Araguaína, TO, Brasil
E-mail: fernandavital@uft.edu.br
Orcid: 0000-0002-7936-8937

Resumo: Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos de uma pesquisa realizada com futuros professores matriculados em uma disciplina do Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Norte do Tocantins. Na referida disciplina, um dos conteúdos previstos é Números Complexos. A pesquisa, de cunho qualitativo, consistiu em obter um posicionamento dos futuros professores a respeito da concordância com a não obrigatoriedade do ensino dos Números Complexos na Educação Básica, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais e a Base Nacional Comum Curricular. O posicionamento

foi motivado pela leitura de documentos sobre os Números Complexos na Educação Básica, na reflexão pessoal sobre a abordagem dos Números Complexos durante a Educação Básica e no levantamento de aplicações dos Números Complexos na prática. Pelos resultados obtidos, constatou-se que a maioria dos futuros professores de Matemática são a favor da abordagem dos Números Complexos na Educação Básica e sugerem a importância de que tal abordagem seja efetuada com o apoio da história da matemática, de jogos, aplicações e/ou *softwares*.

Palavras-chave: Números Complexos. Educação Básica. Futuros professores de Matemática.

Abstract: This paper presents the results obtained from a survey carried out with future teachers enrolled in a discipline of the Licentiate Course in Mathematics at the Federal University of Norte do Tocantins. In that discipline, one of the contents foreseen is Complex Numbers. The research, of a qualitative nature, consisted of obtaining a position from future teachers regarding the agreement with the non-mandatory teaching of Complex Numbers in Basic Education, according to the National Curriculum Parameters and the National Common Curriculum Base. The positioning was motivated by reading documents on Complex Numbers in Basic Education, personal reflection on the approach to Complex Numbers during Basic Education and surveying applications of Complex Numbers in practice. From the results obtained, it was found that most future Mathematics teachers are in favor of the Complex Numbers approach in Basic Education and suggest the importance of such an approach being carried out with the support of the history of Mathematics, games, applications and/or or software.

Keywords: Complex numbers. Basic education. Future Mathematics teachers.

Resumen: Este artículo presenta los resultados obtenidos de una encuesta realizada con futuros profesores matriculados en una asignatura del Curso de Licenciatura en Matemáticas de la Universidad Federal del Norte de Tocantins. En esa disciplina, uno de los contenidos previstos es Números Complejos. La investigación, de carácter cualitativo, consistió en obtener un posicionamiento de los futuros docentes respecto a la concordancia con la enseñanza no obligatoria de Números Complejos en la Educación Básica, según los Parámetros Curriculares Nacionales y la Base Curricular Común Nacional. El posicionamiento fue motivado por la lectura de documentos sobre Números Complejos en la Educación Básica, la reflexión personal sobre el abordaje de los Números Complejos durante la Educación Básica y el levantamiento de aplicaciones de los Números Complejos en la práctica. A partir de los resultados obtenidos se encontró que la mayoría de los futuros docentes de Matemática están a favor del enfoque de Números Complejos en la Educación Básica y sugieren la importancia de que dicho enfoque se realice con el apoyo de la historia de las Matemáticas, juegos, aplicaciones y/o o software.

Palabras clave: Números complejos. Educación básica. Futuros profesores de Matemáticas.

Recebido em
01/11/2023
Aceito em
11/02/2024

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os Números Complexos causaram desconforto na comunidade científica por muitos anos. Neste sentido, até 1575, problemas que resultavam em raízes quadradas de números negativos eram interpretados como uma indicação de que os problemas não tinham solução. Porém, no mundo moderno, os Números Complexos possuem uma gama de aplicações como na Engenharia Elétrica e na Aerodinâmica.

Apesar dos Números Complexos apresentarem uma história interessante e possuírem diversas aplicações em diferentes áreas que podem instigar os alunos a aprendê-los, os documentos oficiais que orientam e normatizam a Educação Básica não tratam tal conteúdo como obrigatório. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), por exemplo, os Números Complexos são considerados como um conteúdo flexível e a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) sequer faz referência ao conteúdo. Dessa forma, os Números Complexos passaram de conteúdo flexível para conteúdo dispensável na Educação Básica.

Tal dispensabilidade permite que o estudante conclua o Ensino Médio acreditando que raízes quadradas de números negativos não existem ou considerando que os conjuntos numéricos se limitam aos números reais. Assim, ressalta-se que abordar os Números Complexos na Educação Básica significa trabalhar a Matemática em sua totalidade, de modo que o aluno não apresente lacunas em sua bagagem de conteúdos necessários na carreira acadêmica escolhida, e contribuir com a manutenção da qualidade de ensino da Matemática em sala de aula.

Diante deste fato, é importante que os professores e futuros professores de Matemática acompanhem criticamente as mudanças ocorridas no currículo da Educação Básica e se posicionem a respeito, a fim de que sejam garantidos aos alunos conhecimentos considerados essenciais para a formação do indivíduo, tendo em vista a possibilidade de abordar determinados conteúdos por meio de oficinas, projetos e atividades extracurriculares, embora não estejam previstos nos documentos oficiais.

Neste sentido, este artigo tem o objetivo de apresentar os resultados de uma pesquisa efetuada com futuros professores de Matemática, acerca dos Números Complexos, em uma disciplina do Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT). A pesquisa consistiu na obtenção de um posicionamento dos futuros professores a respeito da não obrigatoriedade do ensino dos Números Complexos na Educação Básica, conforme os PCNs e a BNCC. O posicionamento dos futuros professores foi estimulado pela realização de leituras de documentos publicados sobre os Números Complexos na Educação Básica, na reflexão pessoal sobre a abordagem dos Números Complexos durante a Educação Básica e no levantamento de aplicações dos Números Complexos na prática.

Para tal, por meio de um levantamento bibliográfico, a próxima seção objetiva-se à apresentação de uma breve história dos Números Complexos, a fim de destacar os fatores que contextualizaram o seu surgimento, à aplicabilidade dos Números Complexos em diversas áreas, o que é capaz de promover a interdisciplinaridade e motivar a abordagem dos Números Complexos em sala de aula e, por fim, ao destaque das recomendações dos PCNs e da BNCC no que se refere ao ensino dos Números Complexos na Educação Básica. Posteriomente, exibe-se os resultados obtidos de uma análise qualitativa efetuada das respostas obtidas dos futuros professores.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Muitas vezes, o ensino dos Números Complexos é introduzido por meio da resolução de equações quadráticas com raízes não reais, o que pode ser evidenciado em livros didáticos que tratam o conteúdo. Neste sentido, ao analisar os livros de Ensino Médio mais adotados nas escolas brasileiras, Lima (2001) questiona:

> Certamente os complexos não teriam sido criados se o motivo fosse esse: fazer com que todas as equações do segundo grau tivessem solução. Por que não respeitar a história e mostrar que eles surgem para que se possa usar a Fórmula

> de Cardano no caso de a equação do terceiro grau ter três raízes reais? (Lima, 2001).

Muitos autores destacam a importância da História da Matemática no processo de ensino e aprendizagem. Costa (2016), por exemplo, afirma que:

> O estudo da História da Matemática faz parte do conjunto de valores que fundamentam o conhecimento, à medida que utilizando fatos históricos sobre a vida dos matemáticos e a finalidade de algumas descobertas, quando abordados em sala de aula, pode estimular os alunos ao aprendizado da disciplina e a desmistificar a ideia de que Matemática é direcionada apenas aos mais bem capacitados intelectualmente. (Costa, 2016, p. 11).

Consequentemente, a História da Matemática pode ser uma grande aliada no ensino dos Números Complexos, haja vista a abstração apresentada por tais números. Conhecer as motivações do surgimento de um novo conjunto numérico ao longo da história e como ocorreu seu desenvolvimento teórico, pode ser um convite atraente aos alunos no que se refere ao interesse por sua aprendizagem.

Inicialmente, o conjunto dos números naturais (N) surgiu da necessidade de contagem, quando foi possível relacionar quantidades a números. Desde então, outros conjuntos numéricos foram criados, dada a necessidade humana de busca por soluções e respostas de problemas que continuaram a surgir. Ordenadamente, no que se refere à época de surgimento, podemos citar os conjuntos dos números racionais (Q), inteiros (Z), reais (R), irracionais (I) e complexos (C).

Do conjunto dos números naturais até o conjunto dos números complexos, decorreram-se 3.500 anos, de modo que constituiu-se a relação entre os conjuntos numéricos citados, conforme representada na Figura 1.

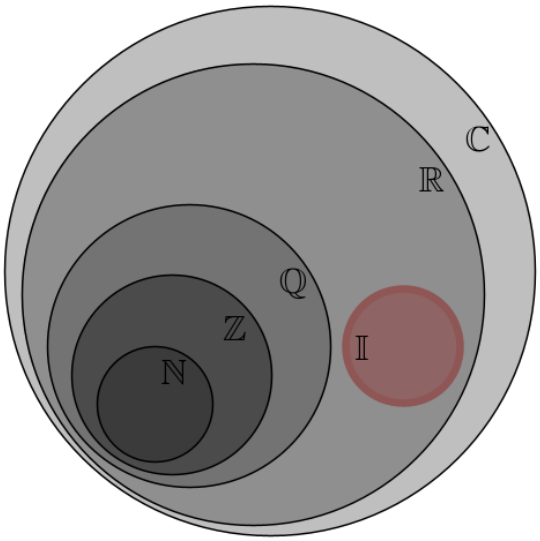

Figura 1. Conjuntos numéricos.

Fonte: Própria autora.

A respeito do conjunto dos Números Complexos, objeto de interesse neste artigo, Iezzi (2013) diz que os mesmos apareceram pela primeira vez em uma teoria razoavelmente bem estruturada, em 1.572, quando o algebrista italiano *Raphael Bombelli* publicou um livro chamado Álgebra onde descreve as ideias do matemático Cardano (1.501–1.576), de forma didática. Embora Cardano já operasse com os números complexos em anos anteriores, no livro de Bombelli aparece a necessidade explícita de introduzir o conjunto dos números complexos como uma ampliação dos conjuntos numéricos já considerados naquele momento.

Uma das descobertas de Cardano, apresentadas em Bombelli (1966) por meio de uma edição do livro Álgebra, se refere à resolução de uma equação do tipo $x^3 = ax + b$, de modo que uma das soluções é expressa na Figura 2.

$$x = \sqrt[3]{\frac{b}{2} + \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - \left(\frac{a}{3}\right)^3}} + \sqrt[3]{\frac{b}{2} - \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - \left(\frac{a}{3}\right)^3}}.$$

Figura 2. Solução apresentada por Cardano.

Fonte: Adaptada de Bombelli (1966).

Ao apresentar um exemplo de resolução da equação $x^3 - 15x - 4 = 0$, Bombelli encontrou raízes de números negativos que somadas resultavam em 4. Como 4 é, de fato, uma raiz da equação, os matemáticos passaram a considerar razoável o uso das raízes quadradas de números negativos, embora se sentissem um pouco desconfortáveis com isso. Tal desconforto e resistência resultou em 50 anos, desde a publicação de Bombelli, para a continuidade formal do desenvolvimento matemático do conjunto dos Números Complexos.

Uma curiosidade, a respeito dessa fórmula, está relacionada à autoria da mesma. Muitas literaturas associam essa fórmula a Cardano apenas, porém, conta-se que o matemático Del Ferro descobriu essa fórmula e, sem publicá-la, faleceu. Seu aprendiz, buscando fama entre os matemáticos da época, desafiou o matemático Tartaglia a encontrar tal fórmula e este acabou vencendo o desafio. Ao saber da resolução obtida por Tartaglia, Cardano tentou convencê-lo a lhe contar a resolução e prometeu que não publicaria a mesma. Depois de alguns anos, Cardano publicou a fórmula de Tartaglia sem qualquer referência a ele.

Destaca-se que até a publicação de Bombelli, problemas que resultavam em raízes quadradas de números negativos eram interpretados como uma indicação de que os problemas não tinham solução. Outra observação interessante é que, desde que os babilônios descobriram a forma de resolver equações quadráticas, passaram-se mais de 3000 anos até a descoberta da fórmula que fornece as raízes das equações de terceiro grau por Del Ferro, Cardano e Tartaglia. Tal fato reflete a inexistência de relação entre o surgimento dos Números Complexos e a necessidade de obtenção de solução para equações do segundo grau, como é colocado em alguns documentos, conforme destacado anteriormente.

A partir da publicação de Bombelli e após os anos decorridos de resistência ao uso das raízes quadradas de números negativos, pode-se destacar os seguintes fatos relevantes para o desenvolvimento do conjuntos dos Números Complexos:

- 1.629: O símbolo $\sqrt{-1}$ foi introduzido por Albert Girard.

- 1.637: Os termos real e imaginário foram empregados pela primeira vez por René Descartes.
- 1.777: O símbolo *i* foi usado pela primeira vez para representar $\sqrt{-1}$ por Leonhard Euler, apareceu impresso pela primeira vez em 1794 e se tornou amplamente aceito após seu uso por Gauss em 1.801.
- 1.832: A expressão Número Complexo foi introduzida por Carl Friederich Gauss.
- 1.833: Total formalização dos números complexos pelo irlandês William Rowan Hamilton.

Tendo em vista a abstração apresentada pelo conjunto dos Números Complexos, fato que causou sua resistência pela comunidade matemática e atrasou seu desenvolvimento formal, conforme citado anteriormente, destacar a importância de tais números no cotidiano, por meio das aplicações práticas dos mesmos, é importante em seu processo de ensino e aprendizagem. Neste sentido, embora o grande período de tempo no qual a resolução de problemas concretos que resultava em raízes quadradas de números negativos indicava que tais problemas não tinham solução, os Números Complexos possuem uma gama de aplicações no mundo moderno. Conforme Leonardo (2016),

> Hoje em dia, aplicações desses novos números adquiriram grande importância no campo da Engenharia (por exemplo, na modelagem de circuitos elétricos, no movimento de líquidos e gases ao redor de obstáculos), na Aerodinâmica (no cálculo da força de sustentação da asa de um avião), na Geometria Fractal, em sistemas dinâmicos (por exemplo, no estudo da interferência em linhas de transmissão de energia e telefonia), entre outros. (Leonardo, 2016, P. 172).

Na Engenharia, por exemplo, Puhl et. al (2020) afirma que os Números Complexos configuram-se como um conhecimento base para a análise de circuitos elétricos em corrente alternada, praticada em cursos de Engenharia. Ao encontro dessa afirmação, Oliveira (2018) diz que os Números Complexos podem ser uma valiosa ferramenta para resolver problemas relacionados à análise de circuitos elétricos, principalmente àqueles que envolvem tensões e correntes alternadas, uma vez que a resolução de

problemas envolvendo esses tipos de circuitos seria muita mais trabalhosa se não fossem utilizados os fasores como ferramenta de auxílio. Os fasores podem ser definidos como vetores, representados por números complexos, que giram em uma determinada velocidade em um círculo trigonométrico, dando origem às funções senoidais.

Já Novais (2020), destaca em sua dissertação, como os Números Complexos permitiram avanços na aerodinâmica. A aerodinâmica, segundo Portolan (2017), é uma parte da mecânica dos fluidos que estuda os gases em movimento, e em particular o movimento relativo entre o ar e os corpos sólidos. Ao construir um avião, os engenheiros se fundamentaram nos princípios da aerodinâmica, principalmente na elaboração do aerofólio, projetado para causar certa variação da velocidade de um fluido, acarretando uma diferença de pressão.

Em relação à possibilidade de utilizar a aerodinâmica, em sala de aula, como instigadora para o estudo dos Números Complexos, Studart e Dahmen (2006) destacam que:

> O voo tem inspirado a imaginação do homem desde tempos remotos. Antes algo restrito a poucos, hoje os aviões se tornaram um meio de transporte acessível, fato este comprovado pelo crescimento espantoso do transporte aéreo nos últimos anos. Mesmo com esta popularização, a fascinação pelo voo continua. Assim é surpreendente como a descrição do voo não tenha sido usada intensamente em livros didáticos e na sala de aula para demonstrar em todos os níveis de escolaridade a aplicação de princípios básicos da Física em exemplos atraentes (Studart & Dahmen, 2006, p. 36).

Sobre a presença dos Números Complexos nos documentos oficiais, a princípio é importante observar que os PCNs são referenciais teóricos da educação brasileira, direcionados à Educação Básica. Um dos objetivos dos PCNs é garantir uma mesma educação a todos os alunos, de maneira que estes usufruam dos conhecimentos necessários para lidar com as questões sociais e as situações do meio em que vivem. No que se refere às orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, o documento faz referência aos Números Complexos no eixo Álgebra: números e funções, onde destaca que

> Tradicionalmente, a Matemática do ensino médio trata da ampliação do conjunto numérico, introduzindo os números complexos. Como esse tema isolado da resolução de equações perde seu sentido para os que não continuarão seus estudos na área, ele pode ser tratado na parte flexível do currículo das escolas (Brasil, 2002, p.122)

Ao encontro dessa afirmação, muitas vezes os Números Complexos são dispensados dos conteúdos previstos no Ensino Médio. Nesse caso, é possível que o estudante termine o Ensino Médio acreditando que raízes quadradas de números negativos são disparates ou considerando que os números se limitam ao conjunto dos reais.

Atualmente, existe um novo documento que orienta e normatiza a Educação Básica no Brasil. Trata-se da Base Nacional Curricular Comum (BNCC), publicada em 2018. Nesse documento, os Números Complexos não estão previstos no Ensino Médio. A BNCC cita, entre os objetivos da Matemática, que o estudante precisa "compreender as características dos diferentes conjuntos numéricos, a necessidade de ampliá-los (naturais, inteiros, racionais, reais), suas operações e as propriedades das operações" (Brasil, 2017, p. 574), sem fazer qualquer menção aos Números Complexos.

Dessa forma, esse conteúdo passou de flexível para dispensável no Ensino Médio, conforme os documentos nacionais que orientam a Educação Básica. Diante dessa realidade, é importante que, na formação inicial e continuada de professores de Matemática, estes sejam motivados a refletirem e a se posicionarem sobre a não obrigatoriedade do ensino e aprendizagem do conteúdo de Números Complexos em tais documentos.

Tal reflexão e posicionamento são relevantes, tendo em vista a possibilidade de abordar determinados conteúdos, como o de Números Complexos, na Educação Básica, por meio de oficinas, projetos e atividades extracurriculares, embora não estejam previstos nos documentos oficiais, quando identificada a importância de tais conteúdos na formação dos estudantes.

Neste sentido, a seção seguinte apresenta os resultados obtidos em uma pesquisa que visou obter o posicionamento de futuros professores de Matemática quanto à não obrigatoriedade do ensino dos Números Complexos na Educação Básica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados nesta seção referem-se à pesquisa realizada com os futuros professores de Matemática, matriculados na disciplina Tópicos de Matemática Elementar do Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Norte do Tocantins, no primeiro semestre de 2021. A referida disciplina aborda o conteúdo de Números Complexos, além de Polinômios e Análise Combinatória.

A pesquisa abrangeu 39 alunos e, antes que os mesmos se posicionassem a respeito da não obrigatoriedade atual do ensino dos Números Complexos na Educação Básica, indicada pelos documentos oficiais, os futuros professores realizaram a leitura de documentos sobre a abordagem dos Números Complexos na Educação Básica, uma reflexão pessoal sobre a abordagem dos Números Complexos durante a Educação Básica e um levantamento sobre as aplicações dos Números Complexos no cotidiano.

Em termos metodológicos, tratou-se de uma pesquisa qualitativa onde os futuros professores elaboraram um documento escrito composto por três itens dissertativos. No primeiro, cada um dos futuros professores relatou a experiência que tiveram na Educação Básica com os Números Complexos, por meio de questões semiestruturadas. No segundo item, cada participante apresentou dois exemplos de aplicação dos Números Complexos no cotidiano, baseando-se em pesquisas realizadas na internet e, por fim, baseando-se nos dois itens citados e na leitura de documentos fornecidos aos futuros professores que tratam do ensino e aprendizagem dos Números Complexos na Educação Básica, o terceiro item consistiu no posicionamento dos futuros professores sobre a não obrigatoriedade da abordagem desse conjunto da Educação Básica, bem como na justificativa de tal posicionamento. Destaca-se que para o segundo item, foram indicadas as leituras de Costa (2020) e

Almeida (2013) como pontos de partida para elaboração dos itens solicitados, além dos participantes terem sido estimulados a pesquisarem e lerem outros autores que tratassem o tema.

Após a análise dos documentos elaborados pelos 39 futuros professores, buscou-se agrupar e sistematizar as respostas similares aos itens propostos, a fim de pautar as discussões que serão apresentadas nesta seção sobre os resultados obtidos.

Inicialmente, os futuros professores deviam relatar a experiência que tiveram com os Números Complexos na Educação Básica. O propósito desse relato foi identificar se os Números Complexos foram apresentados aos alunos e as impressões que os alunos tiveram sobre esse conteúdo.

Uma das perguntas a serem respondidas pelos alunos nessa parte da pesquisa, se referia à *presença do conteúdo de Números Complexos nos livros didáticos utilizados pelos alunos durante a Educação Básica*. Os resultados são exibidos pela Figura 3.

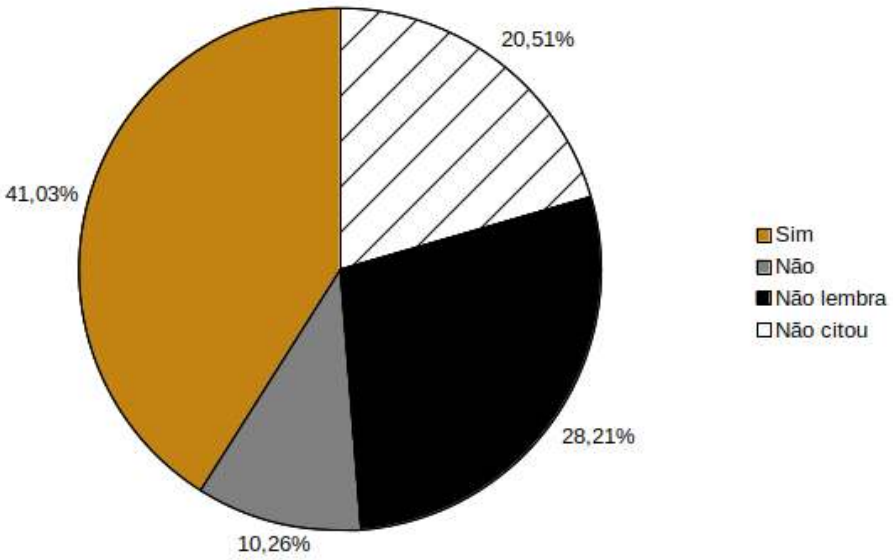

Figura 3. Presença do conteúdo de Números Complexos nos livros didáticos utilizados.

Fonte: Própria autora.

Uma outra informação que deveria ser apresentada pelos alunos era sobre *terem visto o conteúdo de Números Complexos na Educação Básica*. As respostas obtidas são apresentadas pela Figura 4.

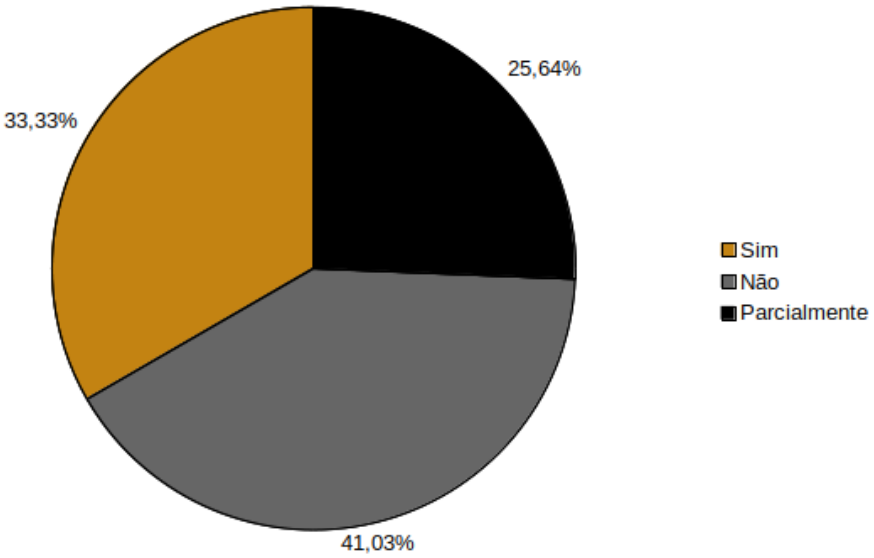

Figura 4. Estudo dos Números Complexos na Educação Básica.

Fonte: Própria autora.

Cerca de 41% dos futuros professores, uma quantidade expressiva, não viram o conteúdo de Números Complexos durante a Educação Básica. Tal resultado reflete a flexibilidade dada ao conteúdo pelos PCNs, já que a maioria dos 39 alunos terminou o Ensino Médio no final de 2019. Tendo em vista que a BNCC ainda estava sendo implementada, o conteúdo de Números Complexos ainda era considerado flexível em diversas Escolas naquela época, o que permitiu que a maioria dos alunos, cerca de 59%, estudassem os Números Complexos, mesmo que parcialmente, antes de ingressarem no Curso de Licenciatura em Matemática.

Os participantes que estudaram os Números Complexos, antes de ingressarem no Curso, também deviam *informar o ano no qual o conteúdo foi apresentado*. Todos afirmaram ter sido no 3º ano do Ensino Médio. Enquanto futuros professores da Educação Básica, alguns deles criticaram o fato do conteúdo de Números Complexos ter sido abordado apenas no 3º ano do Ensino Médio. Neste sentido, alguns sugeriram

que os conceitos iniciais dos Números Complexos fossem abordados desde o Ensino Fundamental, de modo gradual, até o final do Ensino Médio.

Também foi solicitado aos alunos, no item aplicações dos Números Complexos no cotidiano, que efetuassem uma pesquisa utilizando a internet, livros ou textos científicos, identificando pelo menos, duas aplicações práticas dos Números Complexos. A ideia dessa pesquisa foi motivar o contato dos alunos com a importância dos Números Complexos em situações reais e em outras áreas.

Foram apresentadas um total de 74 aplicações dos Números Complexos nas áreas apontadas pelo gráfico da Figura 5.

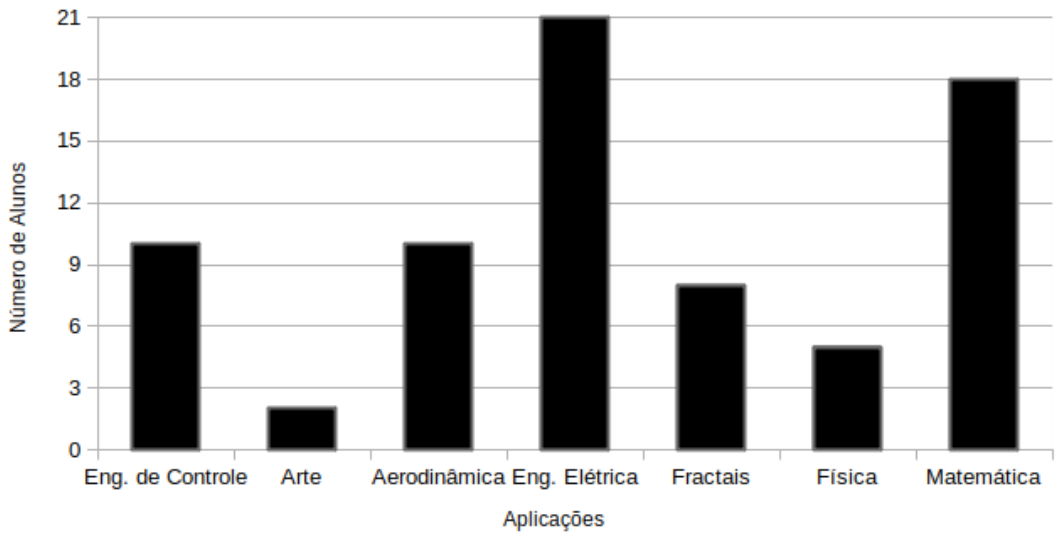

Figura 5. Áreas de aplicação dos Números Complexos.

Fonte: Própria autora.

Especificando os exemplos apresentados pelos alunos, tem-se o seguinte:

- Engenharia de Controle: Sistema de controle do volume de água dentro de um tanque e da taxa de evasão;
- Arte: Obras Limite Circular III e IV de Maurits Cornelius Escher que podem ser consultadas em Caon (2013);

- Aerodinâmica: Cálculo da força de levantamento responsável pela sustentação do vôo de um avião;
- Engenharia Elétrica: Análise de circuitos de corrente alternada;
- Fractais: Geração de fractais por meio de funções envolvendo Números Complexos;
- Física: Cálculo de força, estudo de fenômenos ondulatórios e teoria do buraco negro;
- Matemática: Resolução de equações, geometria, análise e álgebra linear.

Apesar de ter sido solicitado aos alunos que apresentassem exemplos práticos, 18 exemplos foram apresentados dentro da própria Matemática. Destaca-se que, durante o Curso de Licenciatura em Matemática, os alunos percebem que os Números Complexos estão conectados com diversos conteúdos matemáticos, por meio das disciplinas cursadas.

Na área de Engenharia Elétrica, estão os exemplos mais frequentemente citados pelos alunos. No total, 21 estudantes apresentaram exemplos nessa área.

Ressalta-se aqui a importância de apresentar aplicações práticas aos alunos no processo de ensino e aprendizagem dos Números Complexos. Entre os alunos pesquisados, por exemplo, um deles disse o seguinte: "*Mudei drasticamente minha perspectiva acerca do conteúdo e através da presente pesquisa, confesso que fiquei fascinado com algumas aplicações nas áreas mais sofisticadas*". O aluno ainda diz que

> *Toda vez que aproximamos uma situação real para uma modelagem matemática, devemos nos dispor de todos os artifícios que ela nos oferece. Problemas mais elaborados requerem ferramentas matemáticas mais robustas e sofisticadas para conseguirmos prever e descrever fenômenos que ocorrem em várias áreas do conhecimento. Campos de estudos das diversas engenharias utilizam de vários conteúdos para explicar e resolver esses fenômenos. Essa disciplina que envolve a álgebra dos números complexos se faz presente em toda área mais sofisticada das pesquisas revelando então sua grande importância para o estudo da área das exatas*.

Neste sentido, Caon (2013) destaca que apesar de existirem aplicações dos números complexos nas mais diversas áreas como engenharia mecânica e elétrica, física quântica e geometria analítica; muitos docentes apresentam o conteúdo de maneira isolada e inconsistente com a realidade, o que gera um maior desinteresse e desmotivação por parte dos educandos.

Por fim, após relembrarem suas experiências discentes na Educação Básica e pesquisarem acerca das aplicações dos Números Complexos, os alunos tiveram que se posicionar a favor ou contra à retirada deste conjunto numérico dos conteúdos previstos na Educação Básica pela BNCC. Os resultados obtidos são apresentados pela Figura 6.

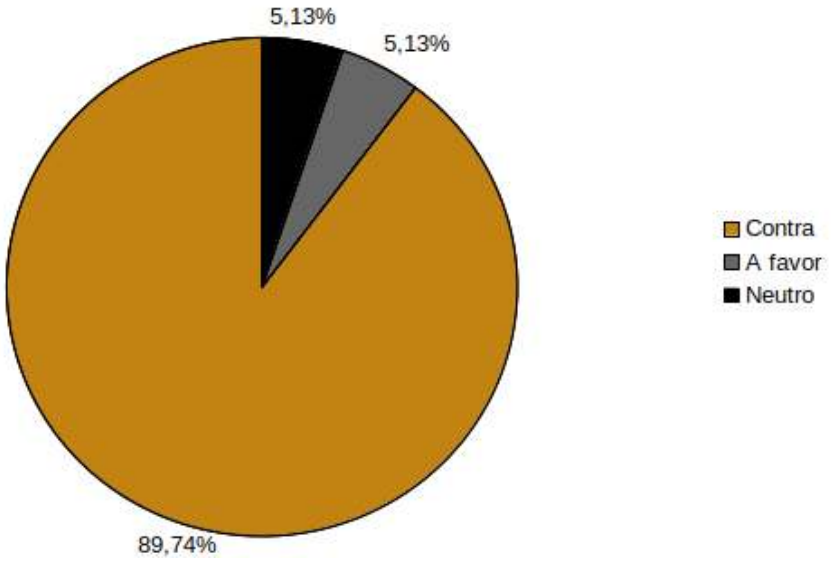

Figura 6. Posicionamento dos estudantes a respeito dos Números Complexos na Educação Básica.

Fonte: Própria autora.

Observa-se que, embora os PCNs tratem os Números Complexos como conteúdo flexível e a BNCC, como conteúdo dispensável, quase 90% dos alunos e futuros professores de Matemática que participaram da pesquisa, são a favor de que os Números Complexos sejam ensinados na Educação Básica.

Dois dos alunos foram classificados como neutros pois se manifestam contra a retirada dos Números Complexos, por ser um conteúdo relevante para a formação dos alunos da Educação Básica, porém, com base na elevada quantidade de conteúdos que devem ser abordados nas aulas de Matemática e pela não cobrança dos Números Complexos no Exame Nacional do Ensino Médio, ambos consideram aceitável a retirada do conteúdo dos documentos oficiais.

Entre os alunos que são contra a retirada dos Números Complexos da BNCC, alguns destacaram a importância de que o conteúdo seja abordado por meio de aplicações (6), história da matemática (5), *softwares* (3) e jogos feitos de materiais concretos (2). Destaca-se que os números em parentêses indicam quantos alunos citaram tais formas de abordagem. No que diz respeito aos *softwares*, dois deles referem-se especificamente ao Geogebra, utilizado na disciplina durante as aulas para representação geométrica dos Números Complexos. Sobre os alunos que sugerem o uso de jogos, um deles disse que seu professor da Educação Básica utilizou jogos no ensino dos Números Complexos e citou o quão importante o uso de tais jogos foi em seu processo de ensino e aprendizagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi apresentar os resultados de uma investigação efetuada com futuros professores de Matemática, que consistiu em obter um posicionamento dos futuros professores a respeito da concordância com a não obrigatoriedade do ensino dos Números Complexos na Educação Básica, conforme proposto pelos Parâmetros Curriculares Nacionais e a Base Nacional Comum Curricular

Para alcançar este objetivo, foi efetuada uma pesquisa qualitativa onde foram analisados 39 textos escritos pelos futuros professores, compostos por três itens dissertativos. Como resultado, observou-se que cerca de 90% dos futuros professores são contrários a não abordagem dos Números Complexos na Educação Básica indicada pelos PCNs e pela BNCC.

Algumas considerações importantes, levantadas pelos futuros professores e que vão ao encontro deste resultado, dizem respeito à importância de que o estudante do Ensino Médio não conclua a Educação Básica com o pensamento de que os conjuntos numéricos se limitam aos números reais e à grande aplicabilidade dos Números Complexos em diversas áreas. Além disso, foi destacada a relevância de se abordar os Números Complexos na Educação Básica com o apoio da história, jogos, aplicações e/ou *softwares*.

REFERÊNCIAS

Almeida, S. P. de. (2013). Números complexos para o ensino médio: uma abordagem com história, conceitos básicos e aplicações (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil. Recuperado de http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/2221

Bombelli, R. (1966). L' Algebra. Bologna: Feltrinelli Editore.

Brasil. (2018). Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Brasília: Ministério da Educação.

Brasil. (2002). PCN+: Ensino Médio – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: Ministério da Educação.

Caon, F. (2013).Números Complexos: inter-relação entre conteúdos e aplicações (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil. Recuperado de https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/1518

Costa, C. L. da. (2016). A história da matemática como estímulo ao ensino-aprendizagem (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil. Recuperado de. https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/675

Costa, B. S. R., Costa, F. M. da, Oliveira, M. S. S. de, Costa Neto, L. dos R., Moraes, L. L. M., Oliveira, M. C., Fonseca, K. de S., & Santos, J. F. (2020). Os jogos como instrumento de ensino e aprendizado para operações com números complexos na prática docente. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 48863–48876. https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-508

Iezzi, G. (2013) Fundamentos de matemática elementar, 3 : complexos, polinômios, equações. 8. ed. — São Paulo: Atual.

Leonardo, F. M. (2016). *Conexões com a Matemática* (3a ed.). São Paulo:

Lima, E. L. (2001). *Exame de Textos: Análise de livros de Matemática para o Ensino Médio*. Rio de Janeiro: SBM.

Novais, R. P. B. (2020). O decolar de um avião: uma proposta didática sobre números e funções complexas (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Brasil. Recuperado de https://repositorio.unesp.br/handle/11449/193060

Oliveira, W. G. A. (2018). Estudo e Aplicações dos Números Complexos: O uso dos Números Complexos na Análise de Circuitos Elétricos (Dissertação de mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Recuperado de https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=autor&nrSeq=36390@2&nrseqaut=20032

Portolan, J. (2017). A importância do ensino de números complexos no ensino médio, na visão dos professores de matemática, em alguns municípios da região oeste do Paraná (Dissertação de mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil. Recuperado de https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3024

Puhl, C. S, Müller, T. J, & Lima, I. G. (2020). Operações com números complexos: análise de erros cometidos por acadêmicos de Engenharia. *Amazônia Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 16(36), 181–196. https://doi.org/10.18542/amazrecm.v16i36.743

Studart, N., & Dahmen, S. R. (2006). A física do vôo na sala de aula. *Física na escola,* 7(2), 36–42.