

Método da bissecção e raciocínio algorítmico: uma sequência didática desplugada no ensino médio

RESUMO

Josadaque da Silva Nenê

josadaque.nene@gmail.com

orcid.org/0009-0001-5250-3772

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

Anderson Luís Jeske Bihain

andersonbihain@unipampa.edu.br

orcid.org/0000-0002-9836-5926

Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Bagé, Rio Grande do Sul, Brasil.

Leandro Blass

leandrobllass@unipampa.edu.br

orcid.org/0000-0003-2302-776X

Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Bagé, Rio Grande do Sul, Brasil.

O objetivo deste estudo foi analisar as manifestações do raciocínio algorítmico e as dificuldades de formalização em uma sequência didática desplugada centrada no Método da Bissecção, desenvolvida em um contexto ainda pouco explorado do Ensino Médio técnico integrado. A pesquisa, de abordagem qualitativa, natureza aplicada e caráter descritivo-exploratório, envolveu 21 estudantes e foi realizada em três encontros, totalizando cinco períodos de aula. Os dados compreenderam notas de campo, 20 fluxogramas, cinco registros algorítmicos elaborados em linguagem corrente e um questionário respondido por cinco estudantes. A análise seguiu os princípios da Análise de Conteúdo e considerou o sequenciamento das ações, a explicitação das decisões, a repetição do procedimento, a atualização do intervalo e o critério de parada. Dos 13 fluxogramas do jogo “Adivinhe o número”, três foram classificados como adequados, um como parcialmente adequado, três como incompletos, três apresentaram simbologia inadequada e três foram classificados como simplificados ou sem clareza. No jogo “Fatiando intervalos”, foi entregue um fluxograma com omissões. Entre os seis fluxogramas do Método da Bissecção, dois foram considerados adequados e quatro apresentaram inadequações. Nenhum dos cinco registros algorítmicos explicitou completamente a seleção e a atualização do novo intervalo. Conclui-se que o Método da Bissecção oferece um contexto pertinente para articular a Matemática e o Pensamento Computacional, mas a passagem das atividades lúdicas para a formalização requer mais tempo e mediação pedagógica.

PALAVRAS-CHAVE: educação matemática; ensino médio; jogos didáticos; tecnologia e educação; tecnologia digital.

Bisection method and algorithmic reasoning: an unplugged teaching sequence in high school

ABSTRACT

This study aimed to analyze manifestations of algorithmic reasoning and difficulties in formalization within an unplugged teaching sequence centered on the Bisection Method, conducted in the still underexplored context of an integrated technical high school program. The qualitative, applied, descriptive-exploratory study involved 21 students and was conducted over three meetings, totaling five class periods. The data comprised field notes, 20 flowcharts, five algorithmic representations written in natural language, and a questionnaire answered by five students. The analysis followed the principles of content analysis and considered the sequencing of actions, the explicit representation of decisions, the repetition of procedures, interval updating, and stopping criteria. Of the 13 flowcharts produced for the “Guess the Number” game, three were classified as adequate, one as partially adequate, three as incomplete, three as presenting inappropriate symbolism, and three as simplified or unclear. One flowchart with omissions was submitted for the “Slicing Intervals” game. Among the six flowcharts representing the Bisection Method, two were adequate and four presented inadequacies. None of the five algorithmic representations fully explained how to select and update the new interval. It is concluded that the Bisection Method provides a relevant context for articulating Mathematics and Computational Thinking, but the transition from playful activities to formalization requires additional instructional time and pedagogical mediation.

KEYWORDS: mathematics education; high school; educational games; technology and education; digital technology.

INTRODUÇÃO

A presença crescente das tecnologias digitais na sociedade contemporânea amplia a necessidade de habilidades que ultrapassem o simples manuseio de dispositivos eletrônicos. Diante de desafios cada vez mais complexos e em rápida transformação, o Pensamento Computacional (PC) apresenta-se como uma competência relevante para a cidadania no século XXI, por contribuir para a resolução crítica e sistemática de problemas em diferentes áreas de atuação (Raabe et al., 2018; Vicari et al., 2018). Jeannette Wing, uma das principais responsáveis pela popularização do termo, argumenta que o PC deve ser considerado uma habilidade analítica tão essencial quanto a leitura, a escrita e a aritmética e, portanto, integrar o conjunto de competências básicas de todas as pessoas (Wing, 2006). Em entrevista publicada na ACTIO, Almeida e Motta (2025) também destacam a resolução de problemas como objetivo central do PC na Educação Básica.

No contexto da Educação Básica brasileira, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reconhece essa importância ao estabelecer uma conexão explícita entre o PC e a Matemática (Barichello, 2023; Brasil, 2018). A BNCC define o PC como as capacidades de “compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos” (Brasil, 2018, p. 475). O documento também destaca que processos matemáticos, como a resolução de problemas e a modelagem, são “potencialmente ricos” para o desenvolvimento do PC (Brasil, 2018, p. 267), o que justifica a busca por atividades que integrem ambos os campos. Neste trabalho, adotamos o raciocínio algorítmico, também denominado pensamento algorítmico, como uma faceta do PC centrada na elaboração e na análise de algoritmos para a resolução de problemas.

Embora a literatura sobre a integração do PC à Educação Matemática esteja em expansão, ainda há lacunas que justificam esta pesquisa. Um mapeamento sistemático da produção científica brasileira indica que a maioria dos trabalhos se concentra na Educação Básica, especialmente no Ensino Fundamental (Ferreira et al., 2021), de modo que o Ensino Médio permanece comparativamente menos explorado. Além disso, uma revisão sistemática recente aponta que os estudos realizados no Ensino Médio tendem a se concentrar no uso de ferramentas tecnológicas, isto é, em abordagens plugged (Azevedo, 2024). Esses resultados evidenciam a necessidade de investigações qualitativas que analisem, no contexto do Ensino Médio técnico integrado, a articulação entre conceitos matemáticos específicos e os pilares do PC por meio de atividades desplugadas, considerando as estratégias, as produções e as dificuldades evidenciadas pelos estudantes.

Diante dessa lacuna, o presente estudo utiliza o Método da Bissecção como ferramenta pedagógica para explorar aspectos do PC. A escolha justifica-se por sua estrutura algorítmica e iterativa, que permite demonstrar como o raciocínio algorítmico pode ser sistematizado e formalizado. Além de relatar a aplicação da proposta, o trabalho analisa como essa abordagem se manifesta na prática e quais dificuldades emergem durante a formalização do método pelos estudantes.

A questão que orienta este trabalho é: como a aplicação de uma sequência didática desplugada, baseada no Método da Bissecção, evidencia manifestações do raciocínio algorítmico e dificuldades em sua formalização entre estudantes do Ensino Médio? Para respondê-la, o objetivo geral é analisar as manifestações do

raciocínio algorítmico nas atividades e nas produções dos estudantes. Os objetivos específicos são: (a) investigar como o Método da Bissecção pode servir de base para a elaboração e a formalização de procedimentos algorítmicos; (b) analisar as contribuições e os limites dos jogos educativos desplugados para a exploração empírica do método; (c) identificar e analisar as dificuldades e as facilidades encontradas durante a aplicação da sequência; e (d) examinar as evidências presentes nas produções dos estudantes e as limitações da intervenção.

Além desta seção introdutória, o artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica; a Seção 3 descreve a metodologia do estudo; a Seção 4 traz o relato e a análise detalhada dos dados; e a Seção 5 apresenta as considerações finais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta o arcabouço teórico que sustenta a pesquisa. Inicialmente, discutem-se as origens, as definições e os quatro pilares do PC. Em seguida, analisam-se a manifestação desses pilares no Método da Bissecção, a abordagem desplugada e, por fim, a relação entre o PC e a abordagem de resolução de problemas proposta por Pólya (1995).

PENSAMENTO COMPUTACIONAL: DEFINIÇÕES E ORIGENS

O termo PC, embora tenha ganhado notoriedade mundial a partir da publicação de Wing (2006), foi utilizado anteriormente por Papert (1980, como citado em Barichello, 2023), que já investigava a interação entre crianças, computadores e processos de pensamento. Wing (2006) popularizou o conceito ao defini-lo como o ato de “resolver problemas, projetar sistemas e compreender o comportamento humano, baseando-se nos conceitos fundamentais da ciência da computação” (p. 33). A autora defendeu que o PC deveria integrar o conjunto de capacidades analíticas fundamentais de toda criança, ao lado da leitura, da escrita e da aritmética.

Ao longo dos anos, o conceito foi reformulado. Wing (2010) descreve o PC como os processos de pensamento envolvidos na formulação de problemas e de suas soluções, representados de modo que possam ser efetivamente executados por um agente de processamento de informações, isto é, por uma pessoa, uma máquina ou pela combinação de ambas. Outros autores apresentam perspectivas complementares. Liukas (2015) sintetiza o PC como uma forma de pensar os problemas de modo que um computador possa solucioná-los, enquanto Brackmann (2017) o apresenta como uma capacidade humana de resolver problemas com base nos fundamentos da Computação.

Apesar da diversidade de definições, o PC é compreendido como uma capacidade de resolução de problemas fundamentada em conceitos da Ciência da Computação, e não como uma disciplina isolada (Vicari et al., 2018). Sua estrutura é frequentemente organizada em quatro pilares: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos (Brackmann, 2017; Raabe et al., 2018).

OS QUATRO PILARES DO PC E SUA MANIFESTAÇÃO NO MÉTODO DA BISSECÇÃO

Os quatro pilares do PC fornecem uma estrutura conceitual para abordar problemas de maneira sistemática. A relação com a Matemática torna-se explícita ao se analisar como o Método da Bissecção mobiliza cada um desses pilares.

A **decomposição** é o processo de fragmentar um problema complexo em partes menores e mais gerenciáveis (Brackmann, 2017; Liukas, 2015). Essa divisão não é aleatória, mas estratégica, pois se concentra em elementos funcionais que podem ser resolvidos individualmente e, posteriormente, recombina para alcançar a solução do problema inicial (Raabe et al., 2018; Shute et al., 2017).

No contexto do Método da Bissecção, a tarefa de encontrar uma aproximação para a raiz de uma função é decomposta em uma sequência de subproblemas simples e repetitivos: (1) definir um intervalo inicial no qual ocorra mudança de sinal; (2) calcular o ponto médio; (3) avaliar o sinal da função nesse ponto; e (4) selecionar o novo subintervalo. Esse processo de redução caracteriza a decomposição algorítmica.

O reconhecimento de padrões é a habilidade de identificar similaridades e regularidades que favoreçam a generalização de soluções (Brackmann, 2017; Liukas, 2015). A generalização também está associada a esse pilar, pois envolve reconhecer características comuns entre problemas e suas soluções, simplificando o processo e possibilitando a aplicação das estratégias em outros contextos (Vicari et al., 2018).

No Método da Bissecção, um padrão fundamental decorre da aplicação do Teorema do Valor Intermediário: para uma função contínua em um intervalo $[a, b]$, a condição $f(a) \cdot f(b) < 0$ garante a existência de pelo menos uma raiz nesse intervalo. A cada iteração, a análise dos sinais orienta a escolha do subintervalo no qual o procedimento continuará. Os jogos da sequência didática foram planejados para que os estudantes reconhecessem intuitivamente esse padrão de redução sucessiva do intervalo antes de sua formalização.

A **abstração** envolve concentrar-se nos detalhes essenciais do problema, desconsiderando informações que não são relevantes para sua solução (Brackmann, 2017). Wing (2017) atribui papel central à abstração no PC, pois ela permite criar uma representação simplificada e focalizada do problema a ser resolvido.

O Método da Bissecção constitui um exemplo de abstração, pois não depende de que a função assuma uma forma algébrica específica, como a polinomial ou a exponencial, mas das propriedades necessárias à aplicação do método, especialmente a continuidade e a mudança de sinal no intervalo. Para selecionar o novo subintervalo, o procedimento considera os sinais dos valores da função nos extremos e no ponto médio. Essa redução da complexidade a propriedades essenciais está presente tanto no raciocínio matemático quanto no computacional.

Por fim, um **algoritmo** é um conjunto finito e ordenado de instruções claras e não ambíguas para resolver um problema (Brackmann, 2017). Uma vez formulado, ele pode ser executado repetidamente por uma pessoa ou por uma máquina, desde que os passos, as condições e o encerramento do procedimento estejam devidamente especificados.

À luz dessas definições, neste trabalho, o raciocínio algorítmico é tratado como uma manifestação da articulação prática dos pilares do PC, especialmente da abstração e dos algoritmos, quando os estudantes projetam, representam e analisam procedimentos passo a passo para resolver problemas.

Tabela 1

Mapeamento das atividades da sequência didática para os pilares do PC

Atividade didática	Pilares do PC mobilizados	Justificativa
Jogo “Adivinhe o número”	Reconhecimento de padrões; algoritmos	O jogo estimula os estudantes a comparar os palpites com os retornos “maior que” ou “menor que”, identificar estratégias de busca e organizar uma sequência de passos para chegar ao número escolhido.
Jogo “Fatiando intervalos”	Algoritmos; abstração	O jogo introduz a regra de escolher o ponto médio do intervalo restante, tornando mais precisa a sequência de passos. Também requer que os estudantes se concentrem nos limites do intervalo, que constituem informações essenciais ao procedimento.
Atividade “Localizando raízes”	Reconhecimento de padrões; abstração	A análise gráfica orienta os estudantes a reconhecer a mudança de sinal, expressa por $f(a) \cdot f(b) < 0$, como uma condição que, para funções contínuas, garante a existência de pelo menos uma raiz no intervalo.
Elaboração de fluxogramas e algoritmos	Algoritmos; abstração; decomposição	A construção do fluxograma e do pseudocódigo requer que os estudantes decomponham o método em partes lógicas, selecionem as informações essenciais e criem uma sequência de instruções objetiva e executável.

Fonte: Autoria própria (2025).

O Método da Bissecção é, por definição, um algoritmo. Sua formalização em fluxograma e pseudocódigo requer que os estudantes explicitem a estrutura lógica do procedimento. Na sequência didática, a atividade de obter um algoritmo em pseudocódigo foi proposta com o objetivo de favorecer a tradução dos passos do método em uma sequência de instruções precisa e objetiva, que possa ser seguida por uma pessoa ou por uma máquina. A elaboração de um fluxograma ou pseudocódigo solicita aos estudantes que representem e formalizem essa estrutura, incluindo a inicialização de variáveis, um laço de repetição (*loop*) e uma estrutura condicional do tipo se-então-senão para decidir qual metade do intervalo deve ser descartada, articulando, assim, os demais pilares em uma solução executável (Wing, 2017).

Após a apresentação dos quatro pilares e de suas relações com o Método da Bissecção, a Tabela 1 sintetiza como cada atividade da sequência didática foi planejada para mobilizá-los. Esse mapeamento expressa as relações conceituais que orientaram a elaboração das atividades, sem pressupor que sua realização, isoladamente, assegure o desenvolvimento desses pilares.

PENSAMENTO COMPUTACIONAL DESPLUGADO

A abordagem desplugada de PC (unplugged) permite explorar conceitos computacionais sem a necessidade de dispositivos eletrônicos (Bell et al., 1998). Pode ser vantajosa em contextos com recursos tecnológicos limitados, além de direcionar a atenção para os processos de raciocínio envolvidos na compreensão desses conceitos (Brackmann, 2017).

Nas aulas que adotam essa abordagem, “as atividades desplugadas ocorrem frequentemente através da aprendizagem cinestésica . . . e os estudantes trabalham entre si para aprender conceitos da Computação” (Brackmann, 2017, p. 50). O uso de materiais escolares e exemplos físicos é comum para simular o comportamento de máquinas (Vicari et al., 2018). No contexto das salas de aula da Educação Básica, os primeiros registros remontam ao final da década de 1990, com a publicação de Bell et al. (1998), que apresentaram o protótipo de um livro em formato digital intitulado *Computer Science Unplugged: Offline Activities and Games for All Ages*. Em língua portuguesa, encontra-se o material derivado do projeto CS Unplugged Classic, intitulado *Computação Desplugada* (Barichello et al., 2022).

PC E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

No campo do ensino de Matemática, diversas pesquisas buscam compreender e aprimorar os processos de ensino e aprendizagem. Entre elas, destacam-se as fundamentadas na resolução de problemas. Grave (2021) ressalta, entre as abordagens desse campo, a proposta de George Pólya apresentada na obra *A arte de resolver problemas* (Pólya, 1995), a qual “hoje conversa com o pensamento computacional” (p. 29).

Assim como ocorre no PC, a abordagem de resolução de problemas de Pólya (1995) organiza-se em quatro fases:

- **Compreender o problema:** A primeira fase exige a identificação dos dados, das incógnitas e das condições envolvidas, aproximando-se do pilar da **abstração**, que requer selecionar as informações relevantes para a resolução.
- **Estabelecer um plano:** A segunda fase envolve recorrer a conhecimentos e experiências anteriores, relacionando-se ao **reconhecimento de padrões** e à decomposição do problema em partes menores.
- **Executar o plano:** A terceira fase consiste em colocar em prática a estratégia elaborada, seguindo de maneira organizada os passos definidos no planejamento. Quando esses passos são suficientemente precisos e ordenados, o procedimento pode assumir caráter **algorítmico**.
- **Fazer um retrospecto:** A quarta fase envolve analisar a solução obtida e a estratégia utilizada, favorecendo a **identificação de padrões**, a revisão do procedimento e sua possível aplicação em outros problemas.

Essa aproximação indica que o raciocínio algorítmico associado ao PC não é externo à Matemática, mas sistematiza processos de compreensão, planejamento, execução e revisão de estratégias já presentes na resolução de problemas matemáticos.

Ao integrar o Método da Bissecção a uma abordagem lúdica e desplugada, a sequência didática proposta nesta pesquisa busca explorar os pilares do PC e aproximar-se da abordagem de resolução de problemas de Pólya (1995), especialmente por organizar as atividades em etapas de compreensão, planejamento, execução e revisão. Essa articulação fundamenta teoricamente a proposta e orienta a análise das produções dos estudantes.

METODOLOGIA DO ESTUDO

Esta seção apresenta o delineamento metodológico adotado no estudo, o contexto e os participantes da pesquisa, os procedimentos de coleta e análise dos dados e a descrição da sequência didática concebida para atender aos objetivos da investigação.

De modo complementar à abordagem qualitativa, a pesquisa classifica-se, quanto à natureza, como aplicada, pois “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos” (Gerhardt & Silveira, 2009, p. 37). Quanto aos objetivos, o estudo caracteriza-se como descritivo-exploratório, uma vez que descreve a aplicação da sequência didática e explora as manifestações do raciocínio algorítmico e as dificuldades de sua formalização nas produções dos estudantes (Gil, 2002).

O delineamento central do estudo é qualitativo, pois a investigação busca compreender, com base nas atividades e nas produções dos estudantes, as manifestações do raciocínio algorítmico e as dificuldades de sua formalização. Nessa abordagem, o interesse não recai sobre a generalização estatística dos resultados, mas sobre a análise aprofundada e contextualizada das informações produzidas (Gerhardt & Silveira, 2009).

Os resultados são, portanto, interpretados de forma contextualizada. O número de participantes, a variação da frequência entre os encontros e a curta duração da intervenção constituem limitações do estudo e são considerados na análise e na discussão dos resultados.

A investigação foi desenvolvida por meio de uma intervenção pedagógica planejada e conduzida pelo docente-pesquisador, responsável pela aplicação da sequência didática e pela produção das notas de campo. Sua atuação simultânea como docente e pesquisador foi considerada na interpretação dos dados, e os registros observacionais foram confrontados com os artefatos produzidos pelos estudantes e com as respostas ao questionário.

DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A pesquisa foi desenvolvida em uma turma do 4º ano do Curso Técnico em Administração integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Canoas. Participaram 21 estudantes maiores de idade, que

assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes do início das atividades. A sequência didática foi aplicada em três dias letivos, totalizando cinco períodos de aula de 50 minutos. No primeiro encontro, estiveram presentes 21 estudantes; no segundo e no terceiro, 11 estudantes em cada um.

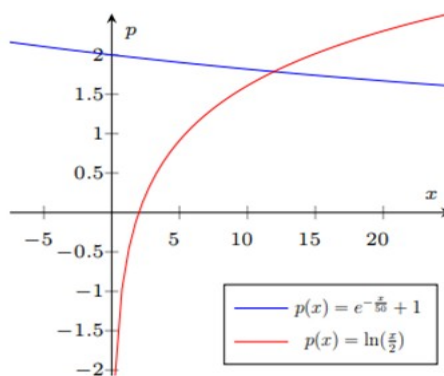
A sequência didática foi organizada em cinco momentos, com atividades concebidas para explorar o PC por meio de seus pilares. Os objetivos de aprendizagem propostos aos estudantes foram: (a) reconhecer um processo iterativo; (b) elaborar fluxogramas para os jogos desenvolvidos; (c) definir raízes ou zeros de funções; (d) descrever o Método da Bissecção para obter aproximações de raízes de funções; e (e) elaborar, em linguagem corrente, um registro algorítmico do Método da Bissecção. Com esse desenho, buscou-se observar manifestações do raciocínio algorítmico nas atividades e nas produções dos estudantes.

Momento 1: motivação

O primeiro momento consistiu na apresentação de um problema de ponto de equilíbrio de mercado, formulado a partir de uma função de demanda e de uma função de oferta. Em razão da natureza exponencial e logarítmica dessas funções, a resolução analítica da igualdade entre elas não era imediata. O problema foi, então, reescrito como a busca por uma raiz da função definida pela diferença entre as funções de demanda e de oferta, o que motivou o emprego de um método numérico e a posterior introdução do Método da Bissecção. A Figura 1 apresenta os gráficos das duas funções, utilizados para contextualizar visualmente o problema.

Figura 1

Funções de demanda e de oferta do problema de motivação



Fonte: Autoria própria (2025).

Momentos 2 e 3: jogos para a exploração do método

Os segundo e terceiro momentos foram dedicados à exploração lúdica do Método da Bissecção por meio de dois jogos elaborados pelos pesquisadores: “Adivinhe o número” e “Fatiando intervalos”. Realizados em duplas, ambos consistiam em descobrir um número natural entre 1 e 100.

O jogo “Adivinhe o número” explorou o pensamento iterativo por meio de palpites livres, orientados pelos retornos “maior que” ou “menor que”. A ativi-

de buscou levar os estudantes a perceber, intuitivamente, a necessidade de uma estratégia de busca.

O jogo “Fatiando intervalos” sistematizou essa estratégia ao introduzir a escolha do ponto médio do intervalo de busca. Desse modo, a atividade aproximou os estudantes da estrutura iterativa do Método da Bissecção em um contexto lúdico.

Ao final dos jogos, discutiram-se as estratégias utilizadas, a lógica dos procedimentos e as decisões envolvidas. Em seguida, solicitou-se aos estudantes que elaborassem fluxogramas para representar os passos de cada jogo.

Momento 4: formalização do Método da Bissecção

Este momento teve como objetivo formalizar os procedimentos explorados empiricamente nos jogos. A atividade “Localizando raízes” buscou, a partir de exemplos gráficos, levar os estudantes a reconhecer que, para uma função contínua em um intervalo $[a, b]$, a condição $f(a) \cdot f(b) < 0$ garante a existência de, pelo menos, uma raiz nesse intervalo. Em seguida, o Método da Bissecção foi apresentado formalmente, explicitando-se o cálculo do ponto médio, a escolha do novo subintervalo e a repetição do procedimento. Por fim, foi solicitado aos estudantes que representassem o método por meio de um fluxograma e de um registro algorítmico em linguagem corrente.

Momento 5: aplicação e conexão

O último momento consistiu na aplicação do Método da Bissecção ao problema inicial de ponto de equilíbrio de mercado. Propôs-se aos estudantes que determinassem, com uma casa decimal, uma aproximação da raiz da função definida pela diferença entre as funções de oferta e de demanda. Essa etapa buscou articular a exploração lúdica realizada nos jogos, a formalização do método e sua aplicação à resolução do problema apresentado inicialmente.

COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Para ampliar a consistência da análise, empregou-se a triangulação de fontes de dados (Marcondes & Brisola, 2014), envolvendo notas de campo, artefatos produzidos pelos estudantes e um questionário pós-intervenção.

Foram utilizadas as seguintes fontes de dados:

- Notas de campo: registros produzidos pelo docente-pesquisador sobre as atividades realizadas, a participação dos estudantes, as estratégias explicitadas durante as aulas e as dificuldades observadas.
- Artefatos produzidos pelos estudantes: anotações realizadas durante os jogos, 20 fluxogramas (13 referentes ao jogo “Adivinhe o número”, um ao jogo “Fatiando intervalos” e seis ao Método da Bissecção) e cinco registros algorítmicos do método elaborados em linguagem corrente.
- Questionário pós-intervenção: instrumento eletrônico composto por itens fechados, organizados em escala Likert, e questões abertas destinadas a registrar as percepções dos estudantes sobre as atividades. O questionário foi respondido por cinco participantes.

A análise dos dados seguiu os princípios da Análise de Conteúdo (Bardin, 2002). Inicialmente, o corpus foi organizado de acordo com as três fontes de dados e as atividades da sequência didática. Cada produção dos estudantes foi considerada uma unidade de análise, e os artefatos foram examinados quanto ao sequenciamento das ações, à explicitação das decisões, à representação da repetição, à atualização das informações ou dos limites do intervalo e à definição do critério de parada.

Cada fluxograma do jogo “Adivinhe o número” foi classificado em uma das seguintes categorias: adequado, quando apresentava os passos, as decisões, a repetição e o encerramento; parcialmente adequado, quando a lógica geral podia ser reconstruída, mas havia omissão de algum elemento; incompleto, quando não havia informações suficientes para reconstruir o procedimento; com simbologia inadequada, quando os símbolos de processo e decisão eram empregados incorretamente; e simplificado ou sem clareza, quando as ações e as condições não estavam suficientemente explicitadas.

No fluxograma do jogo “Fatiando intervalos”, foram considerados também o cálculo do ponto médio e a atualização do intervalo de busca. Nos fluxogramas e registros algorítmicos do Método da Bissecção, foram analisados a definição do intervalo inicial, o cálculo do ponto médio, a avaliação dos sinais, a escolha e a atualização do novo intervalo, a repetição e o critério de parada.

Na etapa de interpretação, os resultados da análise dos artefatos foram confrontados com as notas de campo e as respostas ao questionário. Os itens fechados foram apresentados por meio de frequências, sem tratamento estatístico inferencial, e as respostas abertas foram utilizadas como registros complementares das percepções dos participantes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados sob a perspectiva do raciocínio algorítmico como faceta do PC, integrando as três fontes de dados: as notas de campo da intervenção, os artefatos produzidos pelos estudantes e o questionário de percepção. A análise articula a descrição das atividades e das dificuldades observadas, as evidências presentes nas produções dos estudantes e as percepções registradas no questionário, com o objetivo de compreender as manifestações do raciocínio algorítmico e os desafios de sua formalização na relação entre Matemática e PC.

O RELATO DA INTERVENÇÃO: DESAFIOS E DINÂMICAS EM SALA DE AULA

A sequência didática foi aplicada em três dias letivos, totalizando cinco períodos de aula de 50 minutos. No primeiro encontro, do qual participaram 21 estudantes, foi introduzido o jogo “Adivinhe o número”. De acordo com as notas de campo, a proposta favoreceu a participação e foi bem recebida pela turma, aspecto compatível com as possibilidades de interação associadas às atividades desplugadas (Bell et al., 1998). Durante o jogo, um estudante adotou espontaneamente uma estratégia de redução sucessiva do intervalo, semelhante à bissec-

ção, o que constitui um indício de compreensão intuitiva desse procedimento antes de sua formalização.

Um dos desafios observados no primeiro encontro foi a gestão do tempo. O período destinado à etapa de formalização, especialmente à construção do fluxograma do jogo, mostrou-se insuficiente. Embora os estudantes tenham afirmado conhecer esse tipo de representação, apenas 13 entregaram o fluxograma, e parte das produções apresentou omissões, falta de clareza ou uso inadequado da simbologia. A diferença entre o conhecimento declarado e os artefatos produzidos indica dificuldades na representação formal da estratégia, sem permitir afirmar que todos tivessem compreendido plenamente a lógica do jogo.

No segundo encontro, do qual participaram 11 estudantes, foi realizado o jogo “Fatiando intervalos”, que introduziu a escolha do ponto médio e a atualização do intervalo de busca. As notas de campo registraram a participação dos estudantes durante o jogo, embora algumas duplas ainda demonstrassem dificuldade para compreender suas regras. Ao final, solicitou-se a elaboração do fluxograma do procedimento, mas apenas uma produção foi entregue.

No terceiro e último encontro, também com 11 estudantes, foram apresentados formalmente o Método da Bissecção e sua aplicação ao problema inicial de ponto de equilíbrio de mercado. Em seguida, os estudantes foram convidados a representar o método por meio de um fluxograma e de um registro algorítmico em linguagem corrente. Foram recolhidos seis fluxogramas e cinco registros algorítmicos. O pouco tempo destinado às atividades anteriores dificultou a articulação entre os jogos e a formalização do método. As notas de campo e as produções indicaram dificuldades, sobretudo, na explicitação das decisões, na atualização do intervalo e na organização das instruções, aspectos que demandam mais tempo e mediação pedagógica.

ANÁLISE DOS ARTEFATOS DOS ESTUDANTES: EVIDÊNCIAS DE RACIOCÍNIO E DIFICULDADES DE FORMALIZAÇÃO

A análise dos artefatos produzidos pelos estudantes — fluxogramas e registros algorítmicos em linguagem corrente — complementa as notas de campo e permite examinar como os procedimentos foram representados e formalizados. As produções foram analisadas segundo as dimensões, as categorias e os critérios apresentados na metodologia, considerando o sequenciamento das ações, a explicitação das decisões, a repetição do procedimento, a atualização das informações ou dos limites do intervalo e o critério de parada. Assim, omissões, ambiguidades e usos inadequados da simbologia foram interpretados como indícios de dificuldades de formalização, sem a atribuição direta de processos cognitivos não observáveis. A Análise de Conteúdo permitiu organizar e interpretar essas recorrências à luz do referencial teórico adotado (Bardin, 2002).

A Tabela 2 sistematiza os resultados, apresentando a distribuição dos artefatos de acordo com as categorias e os critérios definidos na metodologia e relacionando as características observadas às dificuldades de formalização identificadas.

As Figuras 2 a 4 apresentam exemplos das categorias utilizadas na classificação dos fluxogramas do jogo “Adivinhe o número”, permitindo observar as características que fundamentaram a análise das produções.

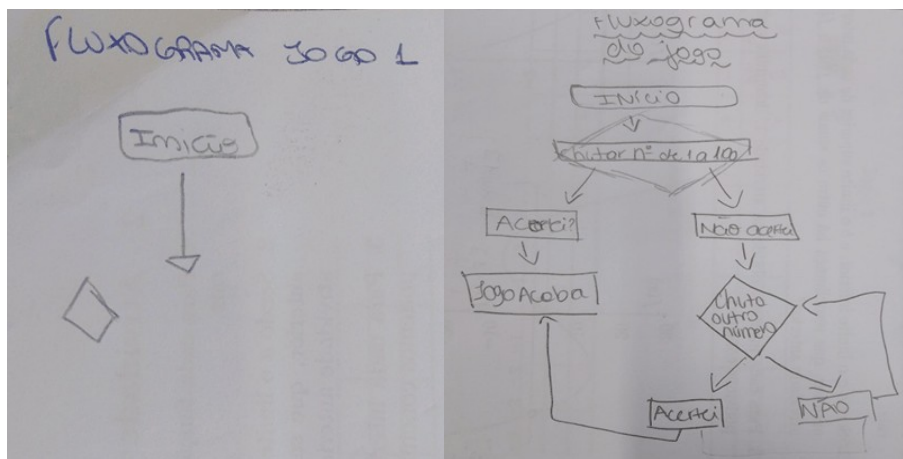
Tabela 2
Classificação dos artefatos produzidos pelos estudantes

Artefato	Classificação dos resultados	Aspectos observados
Fluxograma do jogo “Adivinhe o número” (13 produções)	Três adequados; um parcialmente adequado; três incompletos; três com simbologia inadequada; e três simplificados ou sem clareza. Exemplos dessas categorias são apresentados nas Figuras 2 a 4.	As produções adequadas explicitaram os passos, as decisões, a repetição e o encerramento. Nas demais, foram observadas omissões, falta de clareza e dificuldades no uso da simbologia dos fluxogramas.
Fluxograma do jogo “Fatiando intervalos” (1 produção)	A única produção apresentou elementos do cálculo do ponto médio, mas não explicitou de forma completa as decisões e a atualização do intervalo.	A produção indicou uma tentativa de representar a redução sucessiva do intervalo, mas permaneceu incompleta quanto às condições e à sequência do procedimento.
Fluxogramas do Método da Bissecção (6 produções)	Dois foram classificados como adequados, conforme apresentado nas Figuras 5 e 6. Os outros quatro apresentaram inadequações: um com início incorreto, um sem clareza e dois com atualização insuficientemente especificada, gerando risco de repetição sem avanço do procedimento.	As principais dificuldades concentraram-se na definição das etapas iniciais, na atualização do intervalo e na articulação entre repetição e critério de parada.
Registros algorítmicos do Método da Bissecção (5 produções)	Os cinco registros foram elaborados em linguagem corrente e apresentaram, de forma implícita, estruturas de decisão. Nenhum explicitou de maneira completa como selecionar e atualizar o novo intervalo. A Figura 7 apresenta um exemplo dessas produções.	Foram observadas dificuldades para formular instruções precisas e não ambíguas, especialmente quanto à atualização do intervalo e à continuidade do procedimento.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Figura 2

Fluxogramas do jogo “Adivinhe o número”: (a) produção incompleta; (b) produção com simbologia inadequada

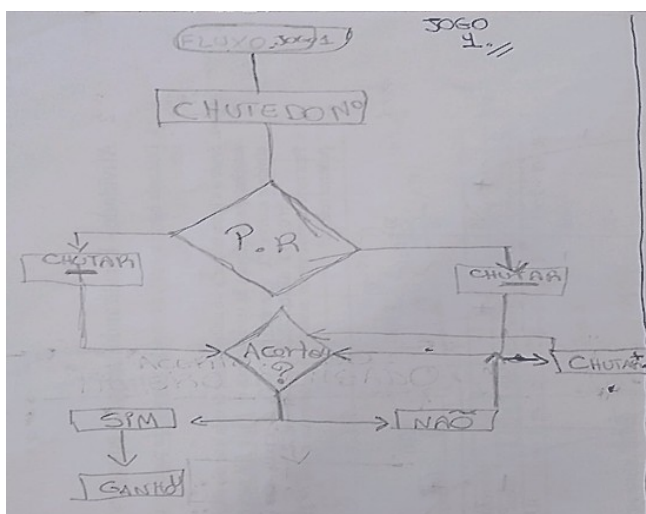


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A Figura 2 apresenta dois exemplos de dificuldades na representação formal do jogo “Adivinhe o número”. Na Figura 2a, a produção foi classificada como incompleta por não apresentar elementos suficientes para reconstruir a sequência do procedimento, suas decisões e seu encerramento. Na Figura 2b, embora seja possível identificar parte das ações e das decisões envolvidas, os símbolos destinados à representação de processos e pontos de decisão foram empregados de forma inadequada. Esses exemplos indicam dificuldades distintas: no primeiro caso, a omissão de etapas necessárias à compreensão do procedimento; no segundo, a representação gráfica inadequada de elementos da lógica condicional do jogo.

Figura 3

Fluxograma do jogo “Adivinhe o número” classificado como simplificado ou sem clareza



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

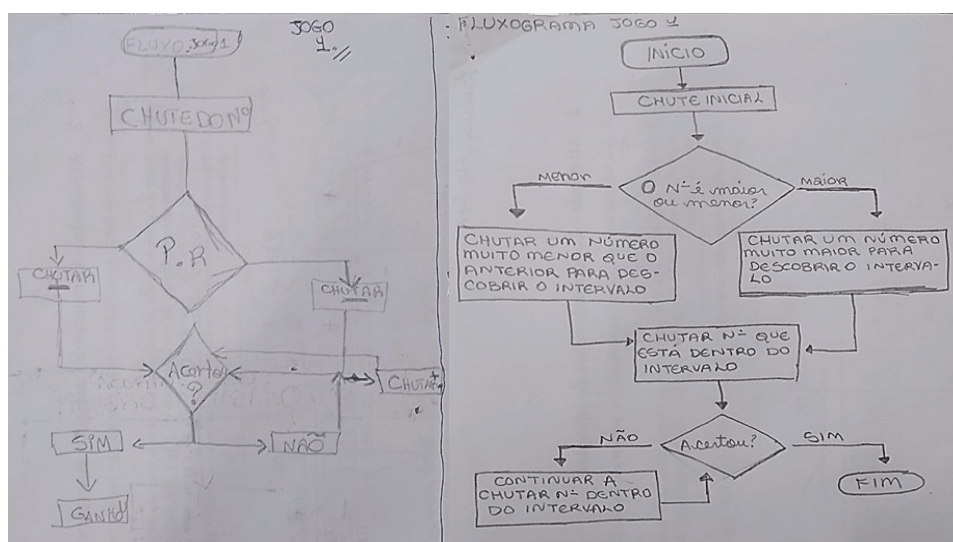
A Figura 3 apresenta uma produção classificada como simplificada ou sem clareza. Embora registre a ação de escolher um número, o fluxograma não explicita as condições que orientam a continuidade do jogo, a alteração dos palpites e o encerramento do procedimento. A ausência dessas relações torna a sequência ambígua e dificulta sua execução por outra pessoa.

A Figura 4 apresenta duas produções, classificadas, respectivamente, como adequada e parcialmente adequada. Na Figura 4a, o fluxograma explicita a sequência das ações, os pontos de decisão, a repetição do procedimento e seu encerramento, o que permite reconstruir a lógica do jogo. Na Figura 4b, a repetição está representada, mas a verificação inicial do acerto do palpite não aparece de forma completa. Por essa razão, a produção foi classificada como parcialmente adequada. A comparação entre os exemplos evidencia que a condição de encerramento constitui um elemento específico e necessário à formalização do procedimento.

Na formalização do Método da Bissecção, os fluxogramas passaram a exigir, além do sequenciamento e das decisões, a representação do cálculo do ponto médio, da atualização do intervalo, da repetição e do critério de parada. Entre as seis produções recolhidas, duas foram classificadas como adequadas e são apresentadas nas Figuras 5 e 6. Nelas, esses elementos aparecem organizados de modo que o procedimento possa ser reconstruído com base na representação elaborada pelos estudantes.

Figura 4

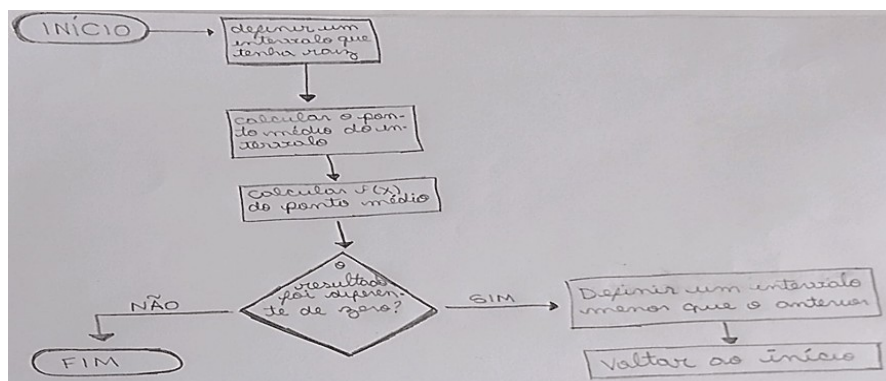
Fluxogramas do jogo “Adivinhe o número”: (a) produção adequada; (b) produção parcialmente adequada



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Figura 5

Fluxograma do Método da Bissecção classificado como adequado — produção 1

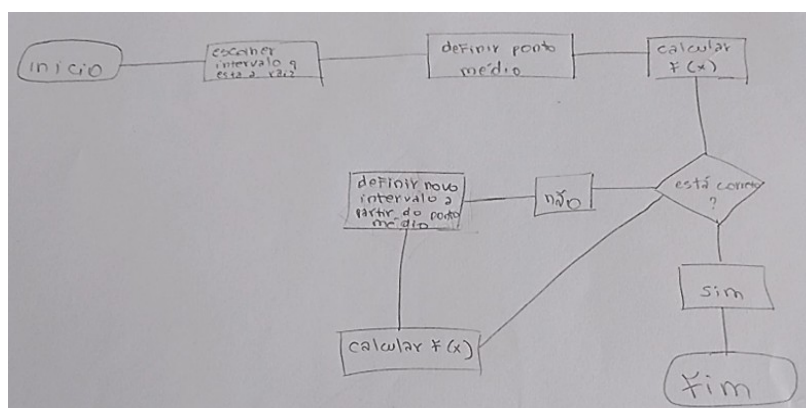


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

As outras quatro produções apresentaram diferentes inadequações: início incorreto, falta de clareza na sequência das operações e atualização insuficientemente especificada dos limites do intervalo. Nas duas produções com atualização insuficientemente especificada, a representação poderia conduzir à repetição do procedimento sem alteração efetiva do intervalo e, conseqüentemente, sem avanço em direção à aproximação da raiz. Esses artefatos indicam dificuldades na articulação entre a decisão sobre o sinal da função, a atualização das variáveis e a continuidade do processo. Embora relacionadas, a atualização do intervalo e a definição do critério de parada são componentes distintos e precisam ser explicitadas para que o algoritmo possa ser executado sem ambigüidades.

Figura 6

Fluxograma do Método da Bissecção classificado como adequado — produção 2



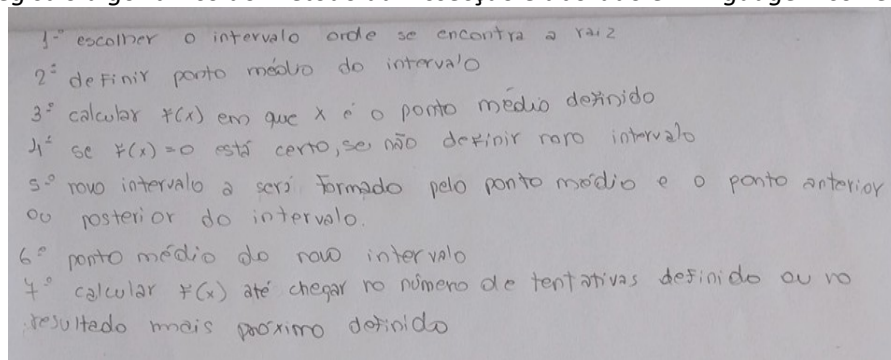
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A passagem da representação visual para o registro algorítmico em linguagem corrente também apresentou dificuldades. Nos cinco registros produzidos, identificaram-se sequências de ações e estruturas de decisão do tipo se-então-senão, ainda que formuladas implicitamente. Entretanto, nenhum deles explicitou completamente como selecionar e atualizar o novo intervalo após a avaliação do ponto médio. A Figura 7 apresenta uma dessas produções, na qual se menciona a necessidade de definir um novo intervalo, mas não se indicam as condições

que determinam seus novos limites. Essa omissão compromete a precisão das instruções e impede que o procedimento seja executado sem ambiguidades.

Figura 7

Registro algorítmico do Método da Bissecção elaborado em linguagem corrente



1º escolher o intervalo onde se encontra a raiz
2º definir ponto médio do intervalo
3º calcular $f(x)$ em que x é o ponto médio definido
4º se $f(x) = 0$ está certo, se não definir novo intervalo
5º novo intervalo a ser formado pelo ponto médio e o ponto anterior ou posterior do intervalo.
6º ponto médio do novo intervalo
7º calcular $f(x)$ até chegar ao número de tentativas definido ou ao resultado mais próximo definido

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Em síntese, a análise dos artefatos, além de corroborar o relato da intervenção, permitiu identificar dificuldades recorrentes na formalização do raciocínio algorítmico. Os resultados sugerem dificuldades em três dimensões: (1) uso da linguagem de representação; (2) articulação da lógica algorítmica; e (3) formalização textual. Um dos principais desafios pedagógicos situa-se, portanto, na passagem da exploração lúdica para a formalização sistemática em cada uma dessas dimensões.

A PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES: TRIANGULANDO OS ACHADOS DA PESQUISA

Embora o número reduzido de respondentes ao questionário — cinco estudantes — limite a generalização dos resultados, os dados permitem reunir informações sobre as percepções dos participantes, conforme a perspectiva qualitativa adotada (Gerhardt & Silveira, 2009). Desse modo, o questionário complementa as observações da intervenção ao apresentar a perspectiva dos próprios estudantes.

A análise dos resultados apresentados na Tabela 3, complementa as discussões anteriores. A concordância unânime dos cinco respondentes com a afirmação de que o PC pode ser aplicado em áreas do Curso Técnico em Administração indica que esses estudantes reconheceram sua aplicabilidade para além do contexto matemático, aspecto relacionado a um dos objetivos da intervenção.

Ao mesmo tempo, os dados reforçam as dificuldades observadas. A percepção de que o tempo foi insuficiente, apontada por parte dos estudantes, converge com o relato da intervenção (subseção 4.1). Da mesma forma, as respostas relativas à elaboração do algoritmo são coerentes com a análise dos artefatos (subseção 4.2), que identificou a formalização como uma das principais dificuldades da intervenção.

Tabela 3

Distribuição das respostas aos itens selecionados do questionário de percepção (n = 5)

Item do questionário	Totalmente de acordo	Parcialmente de acordo	Parcialmente ou totalmente em desacordo	Não se aplica
O pensamento computacional pode ser aplicado em áreas do meu curso técnico	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
O tempo dedicado a cada atividade foi suficiente	2 (40%)	0 (0%)	3 (60%)	0 (0%)
Consegui escrever o algoritmo do Método da Bissecção	1 (20%)	1 (20%)	2 (40%)	1 (20%)
A oficina contribuiu para minha aprendizagem não só em Matemática, mas também em outras áreas	2 (40%)	2 (40%)	1 (20%)	0 (0%)

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

As respostas abertas do questionário complementam os dados quantitativos ao apresentar as percepções dos estudantes sobre a experiência. Uma das respostas sugere que o participante estabeleceu relações entre a atividade, os conteúdos do curso técnico e situações cotidianas: “consegui praticar a elaboração de fluxogramas que utilizamos nas matérias técnicas de administração e principalmente perceber que utilizamos algoritmos, mesmo que indiretamente, no nosso dia a dia”.

Por sua vez, o relato de outra estudante expressa uma dificuldade relacionada ao momento final da sequência: “fiquei confusa em relação ao tema final”. Em conjunto, as duas respostas sintetizam percepções distintas sobre a experiência: de um lado, a identificação de relações entre os fluxogramas, os algoritmos e outras situações; de outro, a dificuldade na formalização do Método da Bissecção. A resposta da estudante converge com as dificuldades observadas nos artefatos e reforça a necessidade de mais tempo e mediação pedagógica na passagem das atividades lúdicas para a formalização do método.

COMENTÁRIOS FINAIS

O objetivo geral do trabalho, que consistiu em analisar as manifestações do raciocínio algorítmico nas atividades e nas produções dos estudantes, foi atingido. As evidências sugerem que o Método da Bissecção constitui uma alternativa promissora para explorar aspectos do PC por meio da Matemática, embora não permitam afirmar que essa capacidade tenha sido desenvolvida. De acordo com as notas de campo, a abordagem com jogos favoreceu a participação dos estudantes. Além disso, os cinco respondentes ao questionário concordaram que o PC pode ser aplicado em áreas do Curso Técnico em Administração, o que indica o reconhecimento de sua aplicabilidade nesse contexto.

Uma das principais contribuições do estudo reside na interpretação das dificuldades encontradas como achados pedagógicos da pesquisa. A constatação de

que o tempo dedicado à formalização foi insuficiente constitui um resultado metodológico relevante. Os dados indicam que as atividades lúdicas favoreceram a exploração intuitiva dos conceitos, enquanto a passagem para a formalização em fluxogramas e registros algorítmicos concentrou os principais obstáculos. As inadequações observadas nas produções, como o risco de repetição indefinida, revelam problemas na explicitação das decisões, na atualização do intervalo e na definição do critério de parada, reforçando a necessidade de mais tempo e mediação pedagógica.

O estudo reforça a relação entre a Matemática e o PC ao indicar que conceitos matemáticos podem constituir contextos para explorar o raciocínio algorítmico. As dificuldades observadas na elaboração dos registros algorítmicos, associadas à percepção de parte dos respondentes de que ainda não haviam observado como o pensamento matemático pode ser estruturado e sistematizado, evidenciam a pertinência de intervenções pedagógicas como a proposta, voltadas a explicitar a natureza lógica e procedimental do pensamento matemático.

As implicações para a prática docente são claras. A sequência desplugada favoreceu a elaboração inicial de passos e condições e a sistematização de procedimentos; contudo, recomenda-se um planejamento que reserve mais tempo para que os estudantes analisem e refinem suas produções, especialmente no que se refere aos critérios de parada, à atualização dos intervalos e às justificativas de convergência.

Cabe ressaltar que a pesquisa teve curta duração e contou com um número restrito de participantes; portanto, suas conclusões são contextuais e não podem ser generalizadas. A triangulação entre artefatos, notas de campo e questionário amplia a consistência da interpretação, mas não elimina os vieses e as limitações do estudo.

Para futuras pesquisas, propõe-se: (i) a criação de novas sequências didáticas para outros tópicos, como matrizes e eliminação gaussiana; (ii) o desenvolvimento de instrumentos que tornem explícitos os critérios de parada e a convergência; e (iii) a adoção de estratégias de avaliação que combinem a análise dos artefatos com medidas de desempenho, como avaliações pré e pós-intervenção ou tarefas de transferência, para estimar possíveis ganhos de aprendizagem.

Em suma, a análise qualitativa deste estudo oferece subsídios para integrar o PC à Educação Matemática no Ensino Médio e indica aspectos que requerem mais tempo e mediação pedagógica no processo de formalização do raciocínio algorítmico.

REFERÊNCIAS

- Almeida, S. R. M. de, & Motta, M. S. (2025). O pensamento computacional na educação básica: Entrevista com o professor Christian Puhlmann Brackmann. *ACTIO: Docência em Ciências*, 10(2), 1–8. <https://doi.org/10.3895/actio.v10n2.20014>. Acesso em: 11 jun. 2026.
- Azevedo, G. T. de. (2024). Pensamento computacional e aprendizagem de matemática no ensino médio com uso de ferramentas tecnológicas. *Revista Eletrônica de Educação Matemática*, 19, 1–23. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2024.e98956>. Acesso em: 11 jun. 2026.
- Bardin, L. (2002). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Barichello, L. (2023). *Pensamento computacional*. Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada. <https://livroaberto.uniriotec.br/ensino-medio/>. Acesso em: 10 ago. 2023.
- Barichello, L., Moraes, J. B. de, Santos, M. B. dos, & Lancini, I. C. (2022). *Computação desplugada*. <https://www.desplugada.ime.unicamp.br/index.html>. Acesso em: 30 jan. 2023.
- Bell, T., Witten, I. H., & Fellows, M. (1998). *Computer science unplugged: Off-line activities and games for all ages*. <https://classic.csunplugged.org/documents/books/english/unplugged-book-v1.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2023.
- Brackmann, C. P. (2017). *Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica* [Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul].
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 10 set. 2023.
- Ferreira, M. A., Coutinho, A. E. V. B., & Coutinho, B. G. (2021). Pensamento computacional e o ensino de matemática no Brasil: Um mapeamento sistemático. *RENTE: Revista Novas Tecnologias na Educação*, 18(2), 591–600. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.110300>. Acesso em: 11 jun. 2026.
- Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (Orgs.). (2009). *Métodos de pesquisa*. Editora da UFRGS.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4a ed.). Atlas.
- Grave, L. A. S. (2021). *O pensamento computacional na prática: Uma experiência usando Python em aulas de matemática básica* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria].
- Liukas, L. (2015). *Hello Ruby: Adventures in coding*. Feiwei & Friends.

- Marcondes, N. A. V., & Brisola, E. M. A. (2014). Análise por triangulação de métodos: Um referencial para pesquisas qualitativas. *Revista Univap*, 20(35), 201–208. <https://doi.org/10.18066/revunivap.v20i35.228>. Acesso em: 6 out. 2025.
- Pólya, G. (1995). *A arte de resolver problemas: Um novo aspecto do método matemático* (2a ed.). Interciência.
- Raabe, A. L. A., Brackmann, C. P., & Campos, F. R. (2018). *Currículo de referência em tecnologia e computação: Da educação infantil ao ensino fundamental*. Centro de Inovação para a Educação Brasileira. https://curriculo.cieb.net.br/assets/docs/Curriculo-de-referencia_EI-e-EF_2a-edicao_web.pdf. Acesso em: 20 dez. 2022.
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>. Acesso em: 11 jun. 2026.
- Vicari, R. M., Moreira, A. F., & Menezes, P. B. (2018). *Pensamento computacional: Revisão bibliográfica*. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/197566>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>. Acesso em: 11 jun. 2026.
- Wing, J. M. (2010). *Computational thinking: What and why?* The Link. <https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- Wing, J. M. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. *Italian Journal of Educational Technology*, 25(2), 7–14. <https://doi.org/10.17471/2499-4324/922>. Acesso em: 11 jun. 2026.

Recebido: 14 out. 2025

Aprovado: 15 jun. 2026

DOI: <https://doi.org/10.3895/actio.v11n2.21008>

Como citar:

Nenê, J. da S., Bihain, A. L. J., & Blass, L. (2026). Método da bissecção e raciocínio algorítmico: uma sequência didática desplugada no ensino médio. *ACTIO*, 11(2), 1-21. <https://doi.org/10.3895/actio.v11n2.21008>

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

