

## ENCONTRANDO A FUNÇÃO POLINOMIAL DE 2º GRAU POR MEIO DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS ALIADA A PRÁTICA DA CONSTRUÇÃO DE FOGUETES

## FINDING THE QUADRATIC POLYNOMIAL FUNCTION THROUGH PROBLEM-SOLVING IN THE PRACTICAL ACTIVITY OF ROCKET CONSTRUCTION

## ENCONTRANDO LA FUNCIÓN POLINÓMICA DE SEGUNDO GRADO A TRAVÉS DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN LA PRÁCTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE COHETES

LUIZ OTAVIO RODRIGUES MENDES<sup>1</sup>

EMILLY GONZALES JOLANDEK<sup>2</sup>

ANNA FLAVIA MAGNONI VIEIRA<sup>3</sup>

### RESUMO

Esta pesquisa buscou investigar as potencialidades pedagógicas do ensino da função polinomial do segundo grau por meio da metodologia de Resolução de Problemas, utilizando uma atividade prática baseada na construção e lançamento de foguetes artesanais. Adotou-se uma abordagem qualitativa com observação participante, conduzida em uma universidade pública do Noroeste do Paraná. A pesquisa envolveu 15 estudantes de Licenciatura em Matemática e foi desenvolvida ao longo de duas semanas. Os dados foram coletados por meio de questionários com questões abertas e fechadas, sendo estes analisados categoricamente. Os principais resultados revelam que a atividade prática se configurou como um problema uma vez que os estudantes relataram dificuldades e indicaram desconhecimento inicial sobre como determinar a trajetória dos foguetes, mobilizando, assim, seus conhecimentos prévios. As potencialidades identificadas incluíram: protagonismo estudantil, aprendizagem lúdica e estimulante, e aplicação em contextos reais. A diversão, colaboração e competição foram os sentimentos predominantes, sem registros de tristeza ou tédio, destacando o potencial da atividade.

**Palavras-chave:** Ensino de Funções; Resolução de Problemas Aliada a Prática; Matemática.

### ABSTRACT

*This study aimed to investigate the pedagogical potential of teaching quadratic polynomial functions through the Problem-Solving methodology, using a practical activity based on the construction and launch of artisanal rockets. A qualitative approach with participant observation was adopted, conducted at a public university in Northwest Paraná. The research involved 15 Mathematics Education undergraduate students and was carried out over two weeks. Data were collected through open- and closed-ended questionnaires, analyzed categorically. The main findings indicate that the practical activity was perceived as a genuine problem, with students reporting difficulties and initial uncertainty in determining the rockets' trajectory, relying solely on prior knowledge. Identified potentialities include student protagonism, engaging and playful learning, and application to real-world contexts. Fun, collaboration, and competition were the predominant feelings, with no reports of sadness or boredom, highlighting the activity's motivational potential.*

**Keywords:** Teaching of Functions; Problem-Solving in Practice; Mathematics.

<sup>1</sup> Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR, Campus Apucarana. E-mail: luiz.mendes@ies.unespar.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3160-8532>

<sup>2</sup> Doutora em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá - UEM. E-mail: emillyjolandek@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2602-8303>

<sup>3</sup> Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR, Campus Apucarana. E-mail: anna.vieira@unespar.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5556-3877>

## RESUMEN

*Este estudio tuvo como objetivo investigar las potencialidades pedagógicas de la enseñanza de funciones polinómicas de segundo grado mediante la metodología de Resolución de Problemas, utilizando una actividad práctica basada en la construcción y lanzamiento de cohetes artesanales. Se adoptó un enfoque cualitativo con observación participante, realizado en una universidad pública del Noroeste de Paraná, Brasil. La investigación involucró a 15 estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y se desarrolló durante dos semanas. Los datos se recolectaron mediante cuestionarios con preguntas abiertas y cerradas, analizados categóricamente. Los resultados indican que la actividad práctica constituyó un problema genuino, con estudiantes reportando dificultades e incertidumbre inicial para determinar la trayectoria de los cohetes, basándose únicamente en conocimientos previos. Las potencialidades identificadas incluyeron el protagonismo estudiantil, un aprendizaje lúdico y estimulante, y la aplicación en contextos reales. Los sentimientos predominantes fueron diversión, colaboración y competencia, sin registros de tristeza o aburrimiento, destacando el potencial motivacional de la actividad.*

**Palabras-clave:** Enseñanza de Funciones; Resolución de Problemas en la Práctica; Matemáticas.

## INTRODUÇÃO

O ensino da Matemática na Educação Básica enfrenta o desafio constante de tornar seus conteúdos significativos e atrativos para os estudantes. Um dos conteúdos mais emblemáticos nesse contexto é a função polinomial do segundo grau<sup>4</sup>, comumente introduzida de forma algébrica, abstrata e desvinculada da realidade dos alunos, o que frequentemente leva à desmotivação e ao desinteresse em sala de aula (Neres, 2023).

Nesse cenário, ganha relevância o uso da Resolução de Problemas como abordagem metodológica, reconhecida pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) forma privilegiada de ensino de Matemática, sobretudo no desenvolvimento de habilidades de maneira a “[...] mobilizar seu modo próprio de raciocinar, representar, comunicar, argumentar e, com base em discussões e validações conjuntas, aprender conceitos e desenvolver representações e procedimentos cada vez mais sofisticados” (Brasil, 2018, p. 529).

A BNCC propõe que o ensino de Matemática deve promover a formação de um sujeito ativo, capaz de resolver problemas do cotidiano e aplicar os conceitos matemáticos em diversas situações (Brasil, 2018). Essa diretriz dialoga diretamente com as propostas metodológicas de Allevato e Onuchic (2021), que defendem uma abordagem centrada na Resolução de Problemas como motor do processo de ensino-aprendizagem, permitindo ao aluno a construção do conhecimento a partir de situações reais, contextualizadas e desafiadoras. De forma complementar, Proença (2018) destaca que essa abordagem da Resolução de Problemas não apenas estimula a autonomia intelectual do estudante, mas também favorece a criatividade, a reflexão crítica e o pensamento investigativo.

Contudo, mesmo com tais diretrizes e recomendações, observa-se que essa abordagem de ensino ainda é, em muitas ocasiões, utilizada apenas como um recurso final ou suplementar, sendo frequentemente reduzida a exercícios escritos, distantes de qualquer contexto que possibilitem maior significado no entendimento do conteúdo (Mendes; Afonso; Proença, 2020). Esse uso limitado perpetua a prática de um ensino centrado exclusivamente em algoritmos e fórmulas prontas, como a clássica aplicação da fórmula resolutiva da equação do segundo grau, conhecida aqui no Brasil

<sup>4</sup> Utilizamos esse termo, pois é o mais recente utilizado pela BNCC.

como fórmula de Bhaskara, tornando o estudo das funções quadráticas uma atividade desprovida de sentido para grande parte dos alunos (Souza, 2023).

Diante dessa problemática, evidencia-se a necessidade de práticas pedagógicas que transcendam o papel e o quadro, incorporando dinâmicas experimentais e interdisciplinares. A pesquisa de Mendes (2023) buscou investigar essa possibilidade ao utilizar um jogo digital (*game*) como problema introdutório no ensino do conteúdo de bases binárias. Nessa abordagem, o *game* foi utilizado como ponto de partida para a aprendizagem, configurando-se como uma proposta de Resolução de Problemas aliada à prática, ao contrário da metodologia tradicional que se baseia em atividades e problemas realizados no papel, no quadro, em livros ou em slides. “Como potencialidades, os estudantes apontaram um processo de ensino diferente do tradicional, desenvolvimento do raciocínio lógico, favorecimento de uma aula mais interessante, autonomia, competitividade e o trabalho com conhecimentos prévios” (Mendes, 2023, p. 1). Tais resultados apontam caminhos promissores para o uso dessa estratégia também no ensino de função polinomial do segundo grau, especialmente quando se busca maior engajamento e contextualização.

À vista dessa problemática - das formas diferenciadas para introduzir o problema - e da possibilidade de pesquisa - apresentação do problema por meio de uma prática nesse processo -, uma proposta nesse sentido seria a utilização de atividades práticas como a construção e o lançamento de foguetes artesanais, que envolvem diretamente conceitos de Matemática, em especial os relacionados à função polinomial do segundo grau. Essa abordagem permite trabalhar aspectos gráficos e analíticos de maneira concreta, reforçando a aprendizagem significativa e motivando os estudantes ao verem aplicabilidade real nos conteúdos escolares (Mendes; Proença; Moreira, 2022; Moraes, 2023).

Assim, este artigo propõe investigar as potencialidades pedagógicas do ensino da função polinomial do segundo grau por meio da metodologia de Resolução de Problemas, utilizando uma atividade prática baseada na construção e lançamento de foguetes artesanais. Essa proposta se insere no escopo da Educação Matemática crítica e criativa, na qual o aluno deixa de ser mero receptor de fórmulas para se tornar protagonista na construção de seu conhecimento (D' Ambrósio; Lopes, 2015).

De modo a explicar a apresentação da pesquisa, na segunda seção discutimos teoricamente sobre a utilização da Resolução de Problemas nos processos de ensino-aprendizagem de Matemática e, em específico, da função polinomial do segundo grau. Posteriormente, os caminhos seguidos são apresentados nos procedimentos metodológicos, de modo que a análise dos dados é evidenciada em seguida. Por fim, tecemos nossas considerações finais.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A função polinomial de segundo grau, na forma geral  $f(x) = ax^2 + bx + c$ , com  $a \neq 0$ , com é um conteúdo clássico no ensino da Matemática, com origens históricas que remontam às antigas civilizações. A própria parábola, representação gráfica da função polinomial de segundo grau, foi estudada por Apolônio na Grécia Antiga, e mais tarde por Galileu Galilei em sua análise da trajetória dos projéteis, revelando uma aplicação essencial da Matemática na Física (Ribeiro, 2013). Esse histórico mostra que o conceito de função polinomial de segundo grau, sempre esteve atrelado a interpretações visuais, geométricas e contextuais, distanciando-se da abordagem puramente algébrica e abstrata que predomina hoje nas salas de aula (Neres, 2023).

A função polinomial de segundo grau é abordada, frequentemente, de forma algébrica, centrada na aplicação da fórmula resolutiva e na identificação de suas raízes e vértices. Embora isso permita

uma sistematização dos conhecimentos relacionados a esse conteúdo, pesquisas mostram que essa abordagem excessivamente procedural gera dificuldades para os estudantes (Ying et al., 2019). Muitos demonstram pouco domínio conceitual e enfrentam barreiras tanto no plano algébrico quanto no gráfico e contextual (Santia; Sutawidjadja, 2019; Díaz; Aravena; Flores, 2020).

Diversas pesquisas têm demonstrado que, embora a função polinomial de segundo grau esteja presente no currículo escolar, seu ensino ainda encontra desafios importantes no que diz respeito ao estabelecimento de significados dentro de um contexto (Moraes, 2023; Monteiro; Da Silva, 2023). Um estudo conduzido por Díaz, Aravena e Flores (2020) evidenciou que estudantes têm melhor desempenho em problemas rotineiros e contextualizados de forma superficial, apresentando maiores dificuldades em resolver problemas não rotineiros que exigem interpretação, modelagem ou representações múltiplas.

De modo semelhante, Santia e Sutawidjadja (2019) observaram que a maioria dos estudantes apresenta dificuldades em empregar representações matemáticas variadas - como gráficas, algébricas e verbais - na Resolução de Problemas que o conteúdo matemático em questão. Tais dificuldades limitam a compreensão conceitual e favorecem uma abordagem mecanicista baseada na memorização da fórmula resolutiva da equação de segundo grau.

Como apontado por Tavares e Geraldo (2017), muitos estudantes veem a parábola como um gráfico sem sentido, apenas uma exigência escolar, o que reforça a desmotivação e o bloqueio emocional diante da Matemática. Esses achados reforçam o argumento de que a aprendizagem significativa da função polinomial de segundo grau requer mais do que o domínio de técnicas operatórias: é necessário que os alunos sejam convidados a compreender o comportamento da função, identificar padrões, relacionar representações e aplicar os conhecimentos em contextos diversos (Wilkie, 2024).

Em contrapartida, diversas iniciativas de ensino têm mostrado resultados positivos ao aproximar a função quadrática com contextos significativos. Exemplos incluem: a análise da trajetória de projéteis (Ribeiro, 2013), o uso de softwares como GeoGebra e a Resolução de Problemas para visualização de gráficos (Monteiro; Da Silva, 2023), e a modelagem de situações com padrões quadráticos figurais, que estimulam o pensamento criativo, algébrico e geométrico dos alunos (Wilkie, 2024).

Considerando as propostas didáticas que buscam aproximar o estudo da função polinomial de segundo grau de contextos significativos e que favoreçam a articulação entre diferentes representações matemáticas, torna-se oportuno aprofundar a discussão sobre a Resolução de Problemas, abordagem metodológica de ensino central nesta pesquisa. Para isso, é necessário compreender, inicialmente, o que caracteriza uma situação como um problema no ensino de Matemática. Klausmeier e Goodwin (1977, p. 347) já destacam que “os indivíduos deparam-se com um problema quando se encontram numa situação que devem solucionar um problema e não possuem informações, conceitos, princípios ou métodos específicos disponíveis para chegar à solução”. Da mesma forma, Echeverría (1988, p. 48) expressa que “para que possamos falar da existência de um problema, a pessoa que está resolvendo essa tarefa precisa encontrar alguma dificuldade que a obrigue a questionar-se sobre qual o caminho que precisaria seguir para alcançar a meta”. Proença (2018) avança nessa discussão, uma vez que além de apresentar sua definição de problema, expressa também a diferença sobre exercício:

Diante disso, no caso da Matemática, entendemos que uma situação de Matemática se torna um problema quando a pessoa precisa mobilizar conceitos, princípios e procedimentos matemáticos aprendidos anteriormente para chegar a uma resposta.

Não se trata assim, do uso direto de uma fórmula ou regra conhecida - quando isso ocorre, a situação tende a se configurar como um exercício (Proença, 2018, p. 17-18).

Neste sentido, com base nos autores supracitados, percebemos que em um primeiro momento o resolvidor tem acesso a uma situação de Matemática e, assim, no interesse de alcançar a solução (meta), havendo possível dificuldade e mobilizando seus conhecimentos prévios, a situação de Matemática pode se tornar, para ele, um problema. Outrossim, quando não ocorre isso e o resolvidor utiliza de fórmulas prontas para ir direto a resolução, isso pode ser para ele um exercício.

O ensino da função polinomial de segundo grau, por meio da Resolução de Problemas é um caminho interessante que vem sendo utilizado por vários professores. Essa abordagem metodológica tem como base teórica nacional, autores como Allevato e Onuchic (2021) e Proença (2018), em que ambos propõem colocar o aluno como protagonista da construção do conhecimento, explorando situações contextualizadas que exijam raciocínio, formulação de estratégias e tomada de decisões.

Buscamos apresentar aqui a metodologia descrita por Allevato e Onuchic (2021) por fundamentar o processo de ensino da presente pesquisa.

É compreendida em dez etapas, a saber:

- (1) proposição do problema, (2) leitura individual, (3) leitura em conjunto, (4) resolução do problema, (5) observar e incentivar, (6) Registro das resoluções na lousa, (7) plenária, (8) busca do consenso, (9) formalização do conteúdo, (10) proposição e resolução de novos problemas (Allevato; Onuchic, 2021, p. 52).

Na **primeira etapa**, Allevato e Onuchic (2021) apontam a importância de apresentar-se um problema inicial, denominado “problema gerador”. Esse problema pode ser proposto pelo docente ou emergir das inquietações dos discentes. Essa fase é crucial, pois reflete situações-problema do cotidiano que demandam soluções práticas, preparando o aluno para enfrentar desafios reais com autonomia e pensamento crítico.

Na **segunda etapa**, cada aluno realiza a leitura individual do enunciado do problema, iniciando uma reflexão preliminar com base em seus conhecimentos prévios. Essa etapa favorece o desenvolvimento de competências como concentração, interpretação textual e mobilização de saberes anteriores, que serão fundamentais para as discussões subsequentes.

A **terceira etapa** consiste na formação de pequenos grupos para discussões colaborativas, nas quais os alunos compartilham ideias e interpretações. Na **quarta etapa**, os grupos elaboram, de forma conjunta, a resolução do problema proposto. Essas fases promovem o desenvolvimento de habilidades sociais e cognitivas, incluindo diálogo, argumentação, escuta ativa, compartilhamento de perspectivas, liderança e cooperação, além de estimular a capacidade analítica e a síntese de informações.

A **quinta etapa** refere-se à mediação docente, que permeia todas as fases anteriores. O professor atua como facilitador, incentivando a participação, orientando as investigações e realizando intervenções pontuais. Esse papel é essencial para assegurar o progresso do processo de ensino-aprendizagem, mantendo o foco na autonomia discente.

Na **sexta etapa**, cada grupo apresenta à turma as estratégias adotadas na resolução do problema, justificando suas escolhas. Essa exposição pública aprimora a comunicação oral e reforça as competências de análise e síntese.

As **sétima e oitava etapas** envolvem a socialização e validação das ideias. Sob mediação docente, a turma discute coletivamente as soluções apresentadas, confrontando diferentes raciocínios, identificando acertos e erros e buscando consenso sobre os procedimentos e resultados mais adequados. Esse processo é fundamental para a construção coletiva do conhecimento e a consolidação dos conceitos abordados (Allevato; Onuchic, 2021).

Na **nona etapa**, ocorre a formalização dos conteúdos. O docente sistematiza os conceitos teóricos mobilizados durante a resolução do problema, revisitando elementos fundamentais, como notações e terminologias específicas da linguagem matemática. Essa sistematização, embora próxima do modelo tradicional de aula expositiva, é precedida por uma experiência ativa dos alunos, favorecendo a aprendizagem significativa.

Por fim, a **décima etapa** propõe a ampliação do repertório de problemas, introduzindo variações em seus parâmetros ou contextos. Essa prática permite reiniciar o ciclo metodológico com novos desafios, promovendo a generalização do conhecimento, a transferência para diferentes situações e a consolidação da aprendizagem por meio da comparação e diversificação de estratégias (Allevato; Onuchic, 2021).

Compreendemos que a Resolução de Problemas apresentada aos estudantes é uma abordagem metodológica importante no ensino da Matemática, no que diz respeito ao ensino de funções polinomiais. Contudo, seria ingenuidade nossa apontar que sempre os estudantes estão motivados a resolver problemas apresentados no quadro ou em uma folha. Nesse sentido, aprimorar a forma de trabalhar a Resolução de Problemas com práticas na introdução do problema e consequentemente de um conteúdo matemático, pode ser um caminho interessante.

Além disso, pesquisas como a de Díaz, Aravena e Flores (2020) apontam que o uso de problemas contextualizados permite a identificação de erros conceituais e emocionais, favorecendo o desenvolvimento metacognitivo e o fortalecimento da autoestima dos alunos. Atividades como a construção de foguetes - objeto do presente artigo - se inserem nesse paradigma, integrando Física, Matemática e prática experimental, constituindo uma forma rica de explorar diferentes conceitos como o vértice da parábola, a concavidade e a variação de grandezas.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa, cujo objetivo foi investigar as potencialidades pedagógicas do ensino da função polinomial do segundo grau por meio da metodologia de Resolução de Problemas, aplicada a uma atividade prática de construção e lançamento de foguetes artesanais. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, caracterizada por se desenvolver em um contexto natural, ser rica em dados descritivos, possuir um plano aberto e flexível e focar a realidade de forma complexa e contextualizada (Lüdke; André, 1986).

Metodologicamente, o estudo foi conduzido como uma observação participante, definida por Minayo (2013, p. 70) como “um processo pelo qual um pesquisador se coloca como observador de uma situação social com a finalidade de realizar uma investigação científica”. Marques (2016, p. 278) destaca que a observação participante é apropriada em contextos educacionais, como em estudos sobre processos de ensino e de aprendizagem na Educação Básica, nos quais o pesquisador pode ser o próprio professor, ou em investigações sobre gestão escolar, envolvendo a interação com gestores e membros da comunidade escolar.

Neste estudo, o pesquisador (primeiro autor) atuou como docente da disciplina Ensino de Funções em uma universidade pública do Noroeste do Paraná. A pesquisa envolveu 15 estudantes matriculados no curso de Licenciatura em Matemática, e ocorreu no primeiro semestre letivo de 2025. A coleta de dados ocorreu ao longo de duas semanas, com duas horas-aula por semana.

Na primeira semana, foi desenvolvida a atividade de Resolução de Problemas aliada a Prática, centrada na construção de foguetes artesanais. A abordagem seguiu a seguinte estrutura:

a) **Apresentação da situação inicial:** Discussão sobre as queimadas no estado do Paraná, que ocorrem predominantemente no inverno, quando a vegetação está mais seca.

b) **Discussão do problema:** As queimadas afetam o Pinheiro-do-Paraná, uma espécie protegida de regeneração difícil quando parcialmente queimada. Muitas áreas afetadas são de difícil acesso, inviabilizando o reflorestamento convencional.

c) **Proposta de solução:** Desenvolvimento de foguetes biodegradáveis capazes de lançar sementes a grandes altitudes, possibilitando o reflorestamento de áreas inacessíveis.

d) **Situação-problema:** Determinar a trajetória dos foguetes com base nos pontos inicial e final de lançamento e na altura máxima atingida.

e) **Execução da prática:** Construção de miniaturas de foguetes para simular a situação e coletar dados para a resolução do problema.

f) **Resolução do problema:** Aplicação das etapas propostas por Allevato e Onuchic (2021) para encontrar a solução.

Um aspecto relevante é a descrição detalhada da execução da atividade prática. Os materiais utilizados incluíram tesoura, palito de fósforo, palito de churrasco, vela, papel-alumínio e óculos de segurança. Os procedimentos para a construção dos foguetes<sup>5</sup> foram os seguintes:

- i. Cortar a cabeça inflamável de um fósforo.
- ii. Recortar uma folha de papel-alumínio nas dimensões 4 x 3 cm.
- iii. Posicionar a cabeça do fósforo no topo do palito de churrasco, sobre o papel-alumínio.
- iv. Enrolar o papel-alumínio, deixando-o levemente frouxo.
- v. Amassar a lateral do papel-alumínio próxima à cabeça do fósforo.
- vi. Com os óculos de segurança, segurar o palito de churrasco e posicionar a parte do papel-alumínio com a cabeça do fósforo sobre a chama da vela.
- vii. O foguete é lançado quando a cabeça do fósforo inflama.

A Figura 1 ilustra o modelo final do foguete construído.

5 Para garantir a segurança durante a realização da prática experimental, a atividade foi conduzida em ambiente ventilado, com a supervisão direta do professor e uso obrigatório de óculos de proteção. Os estudantes receberam instruções prévias sobre o manuseio adequado dos materiais inflamáveis, e a prática foi realizada em pequenos grupos para controle do risco. Além disso, equipamentos básicos de segurança, como recipiente com água e extintor de incêndio, estavam disponíveis no local.

**Figura 1** - Ilustração de como deve ficar o foguete para o lançamento.



Fonte: arquivo da pesquisa

O lançamento foi realizado ao lado do quadro de giz, de forma que as trajetórias (aproximadas) dos foguetes em altura (eixo das ordenadas) e distância (eixo das abscissas) foram feitas posteriormente com giz, para realização da resolução do problema. Cada estudante realizou pelo menos uma vez a prática, visto que algumas vezes o processo do foguete pode falhar, entretanto, cada equipe teve um sucesso de execução do lançamento do foguete para obtenção do ponto de saída, de chegada e da altura. Com a prática realizada, os dados coletados, foram seguidas as etapas de Allevato e Onuchic (2021) para a Resolução do Problema, conforme mostra o Quadro 1.

## Quadro 1 - Panorama do desenvolvimento das etapas de Resolução do Problema.

| Etapas de Allevato e Onuchic (2021)            | Desenvolvimento da Pesquisa   |
|--|---|
| (1) proposição do problema                     | Como é possível saber a trajetória do foguete, dado que podem ser obtidos apenas o ponto inicial de partida, o ponto final de chegada e a altura em que os foguetes chegaram? |
| (2) leitura individual                         | Não realizado. Momento adaptado para a prática do lançamento do foguete.  |
| (3) leitura em conjunto                        | Realizado com a divisão dos estudantes em 6 equipes.  |
| (4) resolução do problema                      | Resolução em folha designadas para o processo, conforme o anexo 1.  |
| (5) observar e incentivar                      | Atuação do professor na sala de aula atuando no auxílio aos grupos.   |
| (6) Registro das resoluções na lousa           | Apresentação das resoluções dos grupos após a finalização do problema na lousa.   |
| (7) plenária                                   | Discussão das estratégias obtidas e possíveis caminhos para a resolução do problema.  |
| (8) busca do consenso                          | Apresentação de soluções para o problema.   |
| (9) formalização do conteúdo                   | Apresentação da relação com a função polinomial de segundo grau e explicação dos processos para a encontrá-la.  |
| (10) proposição e resolução de novos problemas | Proposição de novos problemas.  |

Fonte: Os autores com base em Allevato e Onuchic (2021)

As resoluções dos estudantes foram coletadas para análise posterior, para esse artigo. Na segunda semana, foi discutido a abordagem de Allevato e Onuchic (2021), bem como solicitado que os acadêmicos respondessem um questionário para avaliar a Resolução de Problemas aliada a Prática. O questionário era composto por duas questões fechadas, uma questão aberta e quatro questões do tipo Likert<sup>6</sup>. Destacamos que apesar de haver questões fechadas e do tipo Likert que geram dados quantitativos, estas questões foram desenvolvidas de modo a sustentar as respostas das questões abertas, tal qual focamos principalmente na análise qualitativa desse processo.

O tratamento e a análise dos dados foram conduzidos por meio da técnica de Análise de Conteúdo de Bardin (2011) com as questões abertas estruturada em três etapas para interpretar textos e discursos. Na **pré-análise**, com base nos objetivos da pesquisa, seleciona o material (as duas questões abertas separadamente) e realizamos uma leitura flutuante para identificar temas iniciais emergentes, estabelecendo categorias e unidades de análise conforme suas semelhanças. Na **exploração do material**, o conteúdo foi codificado e categorizado sistematicamente, identificando padrões, temas ou ideias, com possível quantificação de ocorrências. Por fim, no **tratamento dos resultados, inferência e interpretação**, os dados foram organizados, sintetizados e interpretados, conectando-os ao referencial teórico para extrair significados e responder às questões da pesquisa, considerando o contexto. As questões fechadas e do tipo Likert tiverem tratamento com estatística descritiva.

A pesquisa respeitou os princípios éticos previstos na Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, sendo todos os participantes informados sobre os objetivos do estudo e tendo assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

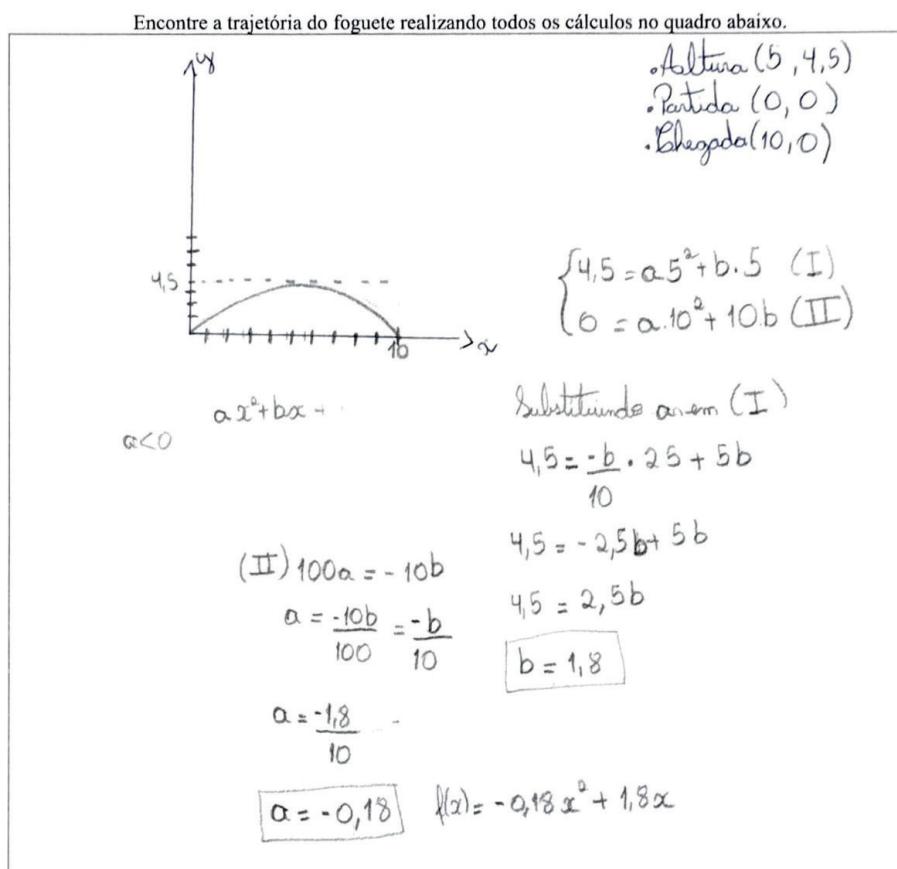
## ANÁLISE DOS DADOS

Durante o processo de resolução do problema, os estudantes foram organizados em seis grupos. Dentre eles, apenas um grupo, após intensa discussão entre seus integrantes (L1, L4 e L9),

6 As questões do tipo Likert consistem em enunciados nos quais os participantes expressam seu grau de concordância ou discordância em uma escala ordinal, geralmente de cinco ou sete pontos. Essa técnica foi desenvolvida por Rensis Likert e é amplamente utilizada para mensurar atitudes, percepções ou opiniões em pesquisas sociais e educacionais (Likert, 1932).

conseguiu resolver o problema utilizando o método de substituição para resolução de sistemas de equações, conforme ilustrado na Figura 2. É importante destacar que a distância foi medida com base no espaçamento quadriculado do quadro, onde cada unidade de medida corresponde a 5 centímetros.

**Figura 2** - Resolução do Problema do único grupo que não precisou auxílio do professor.



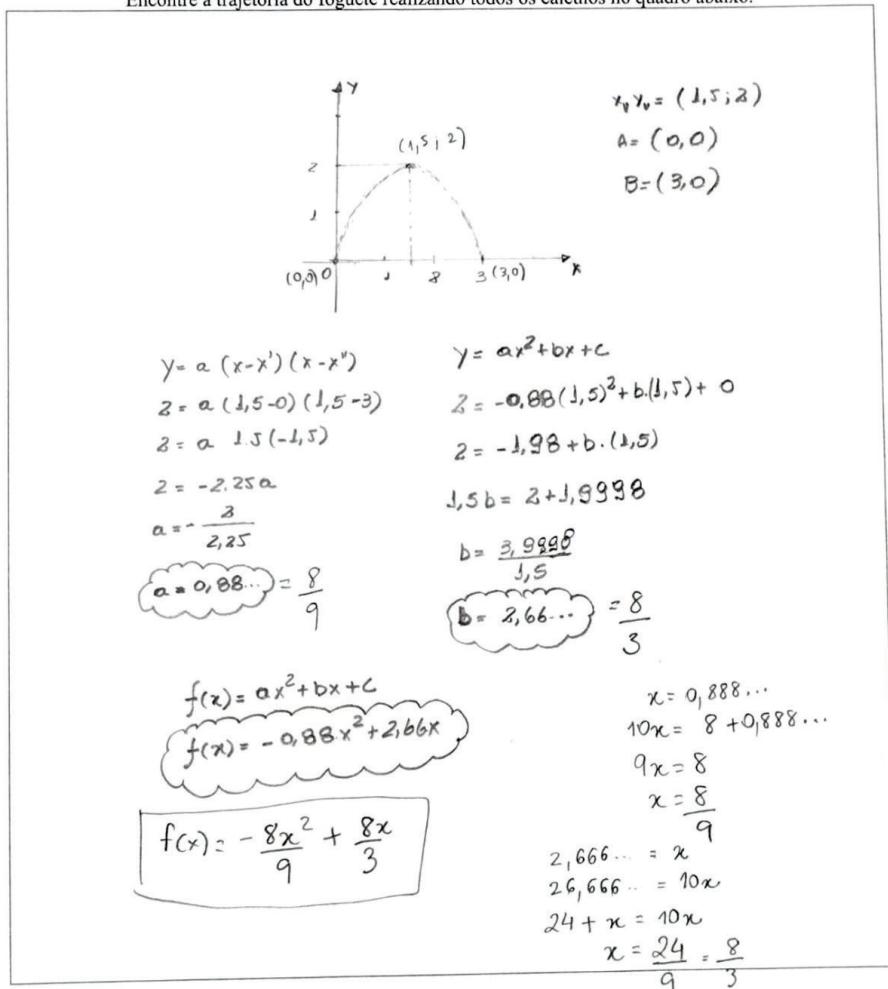
Fonte: Arquivos da Pesquisa

Os demais grupos necessitaram do auxílio do professor, o que indica que não dominavam previamente um método ou estratégia para resolver o problema. Segundo Proença (2018), quando isso acontece, a situação matemática configura-se efetivamente como um problema para os resolvedores. Após um tempo estipulado, um dos grupos apresentou a resolução na lousa e juntamente com o professor e os outros colegas, discutiram a solução. O professor também apresentou uma forma de resolver utilizando a forma fatorada. A partir desta discussão e de *insights* de como resolver o problema, os demais grupos, que inicialmente não haviam conseguido solucionar o problema, conseguiram resolvê-lo utilizando uma das duas formas apresentadas, conforme ilustrado na Figura 3.

**Figura 3** - Resolução do Grupo formado pelos estudantes L10 e L14 com a forma fatorada.

| Apresente os valores que você encontrou no teste do foguete |       |         |       |           |
|---|-------|---------|-------|-----------|
| Saída   | (0,0) | Chegada | (3,0) | Altura    |
|   |       |         |       | (1,5 ; 2) |

Encontre a trajetória do foguete realizando todos os cálculos no quadro abaixo.

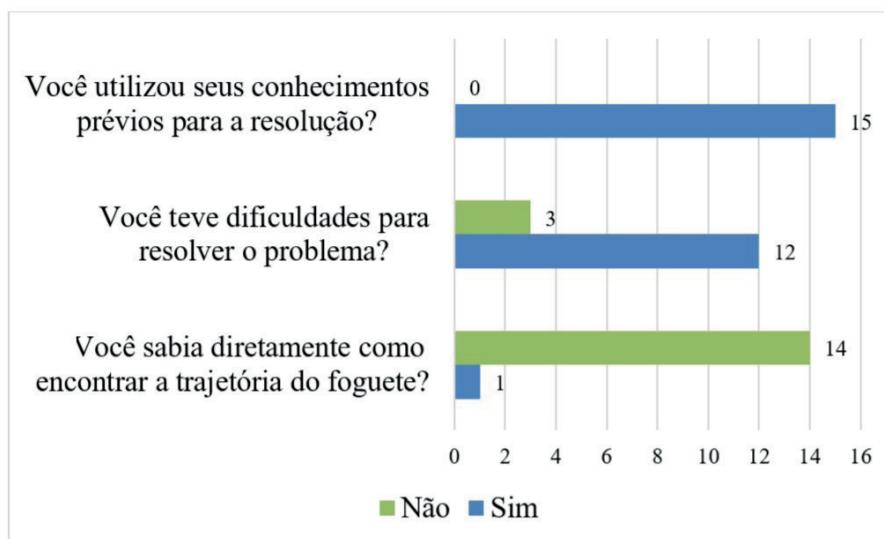


Fonte: Arquivos da Pesquisa

Este processo de resolução (forma fatorada) e a forma de trabalhar com uma prática, não foi evidenciado em outros trabalhos após uma busca prévia na literatura. Além disso, poucos livros didáticos trazem essa abordagem, o que revela a inovação desta pesquisa, tendo em vista a Resolução de Problemas como abordagem de ensino.

A partir dessa visão sobre as resoluções, abordamos os dados coletados. Em um primeiro momento, questionamos os estudantes em quesitos pertinentes para evidenciarmos se a atividade prática foi constituída como um possível problema aos estudantes, para que então, a partir dela, pudéssemos desenvolver a metodologia de Allevato e Onuchic (2021) sobre a Resolução de Problemas. Os dados obtidos e suas respectivas questões são apresentadas na Figura 4.

**Figura 4** - Questões relacionadas se a situação matemática emergida da atividade prática caracterizou-se como um problema aos licenciandos.



Fonte: Dados da Pesquisa

Echeverría (1988), argumenta que uma situação matemática tende a se configurar como um problema para os estudantes quando envolve, sobretudo, dificuldades no raciocínio mental. Proença (2018), complementa essa perspectiva, destacando que a Resolução de Problemas não deve se basear exclusivamente na aplicação direta de fórmulas preestabelecidas. Nesse contexto, os dados apresentados na Figura 4 revelam que 12 dos 15 estudantes enfrentaram dificuldades ao resolver a situação proposta, e 14 dos 15 não sabiam, inicialmente, como determinar a trajetória associada à atividade. Proença (2018), também enfatiza a importância de mobilizar conhecimentos prévios para que a situação seja caracterizada como um problema. Observa-se que todos os estudantes (15 de 15) utilizaram exclusivamente seus conhecimentos prévios na resolução da atividade prática, indicando que a situação proposta se configurou como um problema para eles.

Considerando que a pesquisa adota a abordagem de Resolução de Problemas aliada a Prática, os resultados obtidos corroboram a análise dos dados em relação aos objetivos do estudo, evidenciando as potencialidades dessa metodologia. Nesse sentido, foi proposta aos participantes a seguinte questão: “*Descreva duas potencialidades do ensino de funções polinomiais do segundo grau por meio da Resolução de Problemas, a partir da prática com a construção do foguete*”. As respostas foram analisadas por meio de uma abordagem categorial, cujos resultados estão sintetizados no Quadro 2.

## Quadro 2 - Potencialidades da Resolução de Problemas aliada a Prática.

| Categorias   | Falas dos estudantes  |
|--|---|
| Potencializa o protagonismo do estudante em uma experiência interessante | L1 - Centralizar a aula na <b>experiência do aluno</b> .<br>L5 - Além disso, a atividade proposta anima os estudantes, <b>coloca eles em primeiro lugar</b> e permite trabalhar sua criatividade, mostrando que a matemática não é chata.<br>L6 - Conhecimento em uma <b>experiência interessante</b> .<br>L7 - Aprendizagem significativa, <b>protagonismo</b><br>L9 - Compreensão da aplicação. <b>Protagonismo</b> .   |
| Potencializa uma aprendizagem mais estimulante e lúdica                  | L4 - <b>Lúdico e estimulante</b> .<br>L8 - <b>Mais engajamento dos alunos</b> , fácil entendimento.<br>L10 - Trabalhar está atividade para dar início no conteúdo, e <b>atrair a atenção do aluno</b> para conceitos abstratos.<br>L11 - Os alunos demonstram <b>mais interesse na aula quando</b> utilizo algum material, pois conseguimos visualizar melhor a resolução, transformando algo abstrato em algo mais fácil de entender.<br>L12 - <b>Aumenta a motivação</b> na tentativa de encontrar a resposta.<br>Permite uma visualização menos matemática de como uma função do 2º grau funciona.<br>L13 - <b>Mais lúdico, mais vida!</b><br>L14 - <b>É mais interativo</b> , a gente consegue pensar mais.<br>L15 - Trabalhar função de segundo grau desta forma torna as coisas <b>mais empolgantes</b> , a aprendizagem ocorre de forma natural. |
| Potencializa a aplicação em contextos reais                              | L2 - Incentiva o aluno a procurar uma solução, torna vivida a forma do gráfico da função (a parábola) e traz também <b>uma aplicação da vida real</b> para a função quadrática.<br>L5 - Permite <b>visualizar e entender a aplicação da função do 2º na vida real</b> , saindo da monotonia de fazer e aplicar exercícios apenas no caderno.<br>L3 - <b>Traz para algo real</b> , aplicado.   |

Fonte: Dados da Pesquisa

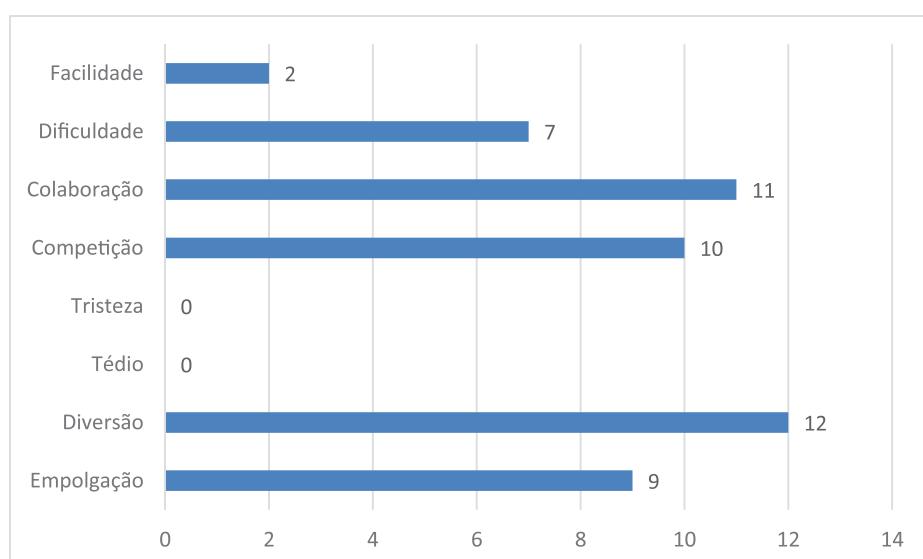
A primeira categoria identificada revela que a abordagem de Resolução de Problemas aliada a Prática promove o protagonismo estudantil em uma experiência envolvente, conforme apontado por 5 dos 15 estudantes. O participante L6 destaca o caráter interessante da construção de foguetes, enquanto L7 e L9 enfatizam o protagonismo, uma vez que os próprios estudantes foram responsáveis pela construção do artefato. Segundo Allevato e Onuchic (2021), o protagonismo estudantil é um elemento central dessa abordagem, mediado pelo professor, que facilita o processo de aprendizagem. Os resultados evidenciam que esse protagonismo se mantém mesmo em atividades práticas. Além disso, a experiência prática transcende a mera leitura de problemas, pois há uma distinção significativa entre resolver um problema teórico sobre o lançamento de um foguete e realizar o lançamento na prática. Ribeiro (2013) reforça a relevância de proporcionar experiências diferenciadas, que potencializam o engajamento dos aprendizes.

A segunda categoria indica que a atividade favorece uma aprendizagem mais estimulante e lúdica, conforme relatado por 8 dos 15 estudantes. Para L13 e L14, a prática de construção e lançamento de foguetes foi percebida como divertida, o que estimulou a participação ativa de todos os envolvidos, conforme destacado por L15, que menciona a oportunidade de todos os estudantes experimentarem a construção e o lançamento do foguete pelo menos uma vez. Neres (2023) observa que, após a pandemia da Covid-19, o desempenho em Matemática apresentou declínio, resultando em lacunas na aprendizagem, especialmente em conteúdos fundamentais como as operações básicas, que dificultam o avanço em tópicos mais complexos, como funções polinomiais de segundo grau, entre outros. Nesse contexto, o autor defende que abordagens diferenciadas, como aquela apresentada neste artigo - Resolução de Problemas aliada a Prática - podem aumentar a motivação e o engajamento dos estudantes.

A terceira categoria evidencia que a atividade promove a aplicação do conteúdo em contextos reais, mencionada por 3 dos 15 estudantes. Tavares e Geraldo (2017) destacam que o ensino de funções polinomiais do segundo grau frequentemente carece de significado para os estudantes quando restrito à visualização de gráficos. Assim, a contextualização prática confere maior relevância ao aprendizado. Conforme apontado por L2, a construção de foguetes representa um contexto da vida real, especialmente relevante em um cenário de avanços tecnológicos. Neres (2023) argumenta que abordagens puramente algébricas, predominantes em muitas escolas, nem sempre favorecem a motivação estudantil. Nesse sentido, a Resolução de Problemas aliada a Prática contrasta com tais abordagens, promovendo uma aprendizagem contextualizada, como no exemplo da situação das queimadas que afetam as Araucárias no Paraná, que foi o tema introdutório para começar abordar o problema.

Para explorar as potencialidades da Resolução de Problemas aliada a Prática, buscou-se identificar os sentimentos dos estudantes durante a realização da atividade. Assim, foi solicitado que os participantes indicassem suas emoções ao desenvolver a abordagem. Os resultados dessa análise são apresentados na Figura 5.

**Figura 5** - Sentimentos emergidos durante a Resolução de Problemas aliada a Prática pelos licenciandos.



Fonte: Dados da pesquisa

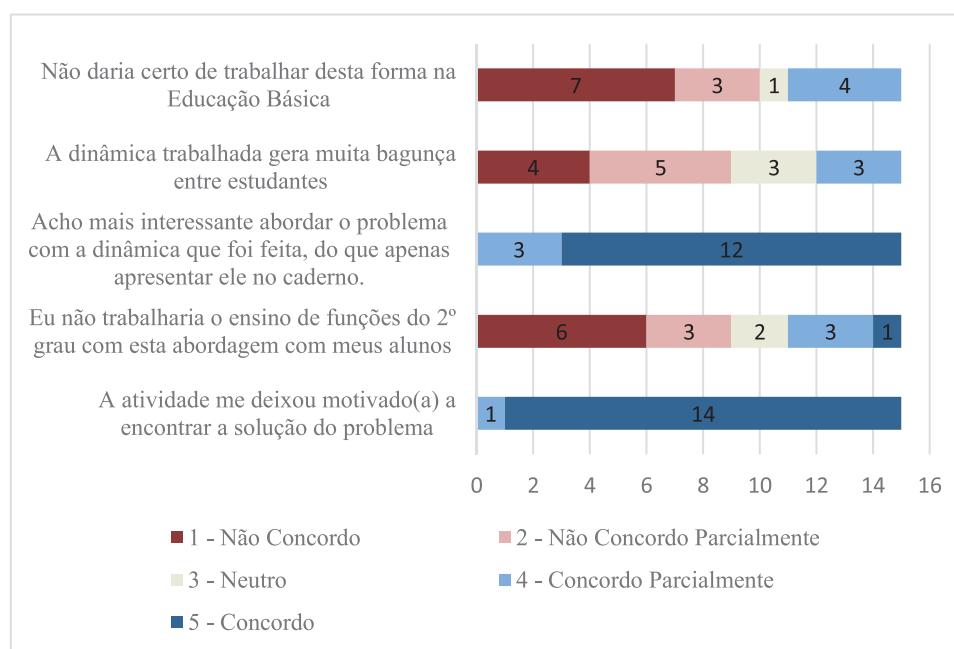
Com base na análise da Figura 5, verificou-se que o sentimento predominante entre os estudantes durante a atividade foi a diversão, relatada por 12 dos 15 participantes. Outros sentimentos também se destacaram, como a colaboração (11 de 15) e a competição (10 de 15), esta última relacionada ao desafio de determinar qual equipe lançaria o foguete à maior distância. A colaboração, em particular, é um aspecto frequentemente observado em estudos sobre Resolução de Problemas (Mendes; Afonso; Proença, 2020; Mendes, 2013). Contudo, a diversão raramente é destacada como resultado em pesquisas dessa natureza, sugerindo que a abordagem prática da Resolução de Problemas pode ampliar os benefícios emocionais, motivacionais e a afetividade com a Matemática, nesse contexto.

Notavelmente, sentimentos como tristeza e tédio não foram mencionados pelos estudantes (0 de 15 para ambos), o que corrobora o estudo de Mendes (2023). Nesse estudo, a aplicação de Resolução de Problemas aliada a Prática, com o uso de um jogo digital, também evidenciou diversão, colaboração e competição como aspectos positivos percebidos pelos participantes.

Além disso, a abordagem adotada despertou empolgação em 9 dos 15 estudantes. Um ponto relevante foi a percepção de dificuldade na problemática apresentada (7 de 15), em contraste com a baixa percepção de facilidade (2 de 15). Esses resultados reforçam a compreensão de que a situação matemática proposta, ao ser abordada de forma prática, configurou-se como um problema genuíno a ser resolvido pelos estudantes, conforme discutido por Echeverría (1988).

Por fim, foram analisados aspectos críticos da atividade, incluindo sua aplicabilidade na Educação Básica, o risco de desordem durante a execução, a relação com a Resolução de Problemas tradicional, a viabilidade para estudantes que já atuam como docentes e a motivação para encontrar soluções. Esses dados foram coletados por meio de uma escala Likert, com opções variando de 1 (Discordo) a 5 (Concordo). Os resultados dessas assertivas estão apresentados na Figura 6.

**Figura 6** - Assertivas sobre a aplicabilidade da Resolução de Problemas aliada a Prática.



Fonte: Dados da Pesquisa

Com base na Figura 6, a assertiva sobre a inviabilidade da utilização da atividade na Educação Básica revelou que 10 dos 15 estudantes discordaram ou discordaram parcialmente, um estudante manteve-se neutro e quatro concordaram parcialmente. Esses resultados indicam uma percepção predominante entre os participantes de que a atividade é viável para aplicação na Educação Básica. Esse aspecto é particularmente relevante, considerando que a pesquisa foi conduzida com professores em formação inicial, preparados para atuar nesse nível de ensino. A BNCC reforça a importância de os docentes adotarem abordagens diversificadas para o ensino de conteúdos matemáticos (Brasil, 2018).

No que tange à possibilidade de desordem durante o desenvolvimento da atividade, nove estudantes discordaram ou discordaram parcialmente, três mantiveram-se neutros e três concordaram parcialmente. Esses dados sugerem que a atividade, quando bem estruturada, não tende a gerar desordem em sala de aula. Mendes (2023) argumenta que, em processos de ensino práticos bem-organizados, pode haver maior agitação entre os alunos, mas tal dinâmica favorece a discussão e a reflexão ativa, potencializando o aprendizado.

Ao comparar a Resolução de Problemas tradicional - caracterizada pela apresentação do problema em folha, quadro ou slides - com a Resolução de Problemas aliada a Prática, 12 estudantes concordaram e três concordaram parcialmente que a abordagem prática é mais interessante. Allevato e Onuchic (2018) destacam, em suas etapas para a Resolução de Problemas, a importância da proposição do problema, sem delimitar rigidamente sua forma de apresentação. Nesse sentido, os resultados desta pesquisa sugerem que a proposição de problemas por meio de atividades práticas constitui uma alternativa promissora.

Os participantes, muitos dos quais já lecionam em escolas regulares ou participam de estágios e do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), foram questionados sobre a intenção de não aplicar essa abordagem com seus alunos. Os resultados mostram que nove discordaram ou discordaram parcialmente, quatro concordaram ou concordaram parcialmente, e dois mantiveram-se neutros. Esses dados indicam uma aceitação significativa da abordagem por parte dos licenciandos. Conforme Mendes, Afonso e Proença (2020), é fundamental que a formação de professores conte com abordagens práticas aplicáveis ao contexto profissional dos docentes.

Por fim, ao avaliar se a Resolução de Problemas aliada a Prática, verificamos que ela promove motivação entre os estudantes, 14 participantes concordaram e um concordou parcialmente, evidenciando que essa abordagem favorece o engajamento dos alunos. Resultados semelhantes foram observados por Mendes (2023), cuja pesquisa, ao utilizar jogos digitais para Resolução de Problemas, também destacou o aumento da motivação dos participantes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo investigar as potencialidades pedagógicas do ensino da função polinomial do segundo grau por meio da metodologia de Resolução de Problemas, aplicada a uma atividade prática de construção e lançamento de foguetes artesanais. O estudo foi conduzido com 15 estudantes do primeiro ano, do curso de Licenciatura em Matemática de uma universidade pública do Noroeste do Paraná, no primeiro semestre de 2025, utilizando uma abordagem qualitativa com observação participante. A atividade prática foi estruturada em duas semanas, com duas horas-aula semanais, seguindo as etapas de Allevato e Onuchic (2021) para a Resolução de Problemas, contextualizada na problemática das queimadas no Paraná e no reflorestamento de áreas de difícil acesso com foguetes biodegradáveis.

Os principais resultados evidenciaram as potencialidades da Resolução de Problemas aliada a Prática. Primeiramente, a abordagem promoveu o protagonismo estudantil, com cinco dos 15 participantes destacando a centralidade do aluno e o caráter envolvente da experiência. Em segundo lugar, a atividade foi percebida como lúdica e estimulante por oito estudantes, favorecendo maior engajamento e motivação, o que corrobora os achados de Neres (2023) sobre a necessidade de abordagens diferenciadas para superar lacunas de aprendizagem em Matemática. Por fim, três estudantes destacaram a aplicação do conteúdo em contextos reais, como a visualização da parábola na trajetória dos foguetes, conferindo significado prático ao ensino de funções quadráticas.

A análise dos sentimentos revelou que a diversão, a colaboração e a competição foram predominantes, enquanto tristeza e tédio não foram registrados, reforçando o impacto motivacional da abordagem. Além disso, os estudantes confirmaram que a atividade gerou motivação, considerando sua aplicação viável na Educação Básica.

Apesar das contribuições, a pesquisa apresenta limitações. A duração de duas semanas pode não ter sido suficiente para explorar todas as nuances da metodologia. A complexidade da atividade prática, embora bem estruturada, exigiu materiais específicos (e.g., fósforos, papel-alumínio) e cuidados de segurança, o que pode representar um desafio em contextos escolares com recursos limitados.

Para trabalhos futuros, sugere-se a ampliação da pesquisa e aplicação na Educação Básica para averiguação das potencialidades e possíveis refinamentos na proposta. Outrossim, consideramos que essa pesquisa abre um caminho interessante ao propor a Resolução de Problemas articulada à prática experimental, como uma abordagem alternativa para essa metodologia, bem como apontar possibilidades para o ensino da função polinomial de segundo grau, de maneira lúdica e mobilizadora de conhecimentos.

## REFERÊNCIAS

- ALLEVATO, N. S. G; ONUCHIC, L. R. Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática: por que através da Resolução de Problemas? In: ONUCHIC, L. R; ALLEVATO, N. S. G; NOGUTI, F. C. H; JUSTULIN, A. M. (Org.). **Resolução de Problemas: teoria e prática.** 2 ed. Jundiaí: Paco, 2021, p. 40-62.
- BOLZAN, T. D.; FLORES, M. L. P.; GOI, M. E. J. **Ensino da função quadrática através da metodologia de resolução de problemas.** Universidade Federal do Pampa, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Exatas) - Campus Caçapava do Sul, RS
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 28 maio 2025.
- D'AMBROSIO, B. S; LOPES, C. E. Insubordinação Criativa: um convite à reinvenção do educador matemático. **BOLEMA: Boletim de Educação Matemática**, v. 29, n. 51, p. 1-17, 2015.
- DÍAZ, V; ARAVENA, M; FLORES, G. Solving problem types contextualized to the quadratic function and error analysis: A case study. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 16, n. 11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.29333/ejmste/8547>. Acesso em: 28 maio 2025.
- ECHEVERRÍA, M. P. P. A solução de problemas em matemática. In: POZO, J. I. (Org). **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender.** Porto Alegre: Artmed. 1998, p. 43-65
- KLAUSMEIER, H. J; GOODWIN, W. **Manual de psicología educacional:** aprendizagens e capacidades humanas. Tradução de ABREU, M. C. T. A. São Paulo: Harper & Row, 1977, 650p.
- LÜDKE, M; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação:** abordagens qualitativas. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MARQUES, J. P. A “observação participante” na pesquisa de campo em Educação. **Educação em Foco**, Minas Gerais, v. 19, n. 28. 2016.

MENDES, L. O. R.; AFONSO, E. J. M. A.; PROENÇA, M. C. Análise da compreensão de licenciandos em Matemática sobre o ensino via resolução de problemas. **Educação Matemática Debate**, Montes Claros, v. 4, p. 01-23, 2020.

MENDES, L. O. R.; PROENÇA, M. C. de .; MOREIRA, M. A. . Ensino-Aprendizagem de Matemática via Resolução de Problemas: reflexões sob o enfoque da aprendizagem significativa crítica . **Ensino da Matemática em Debate**, [S. I.], v. 9, n. 2, p. 17-36, 2022.

MENDES, L. O. R. O desenvolvimento da resolução de problemas tendo um game como ponto de partida para o ensino de matemática. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 8, n. 3, p. 1-18, 2023.

MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 33. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

MONTEIRO, C. L. T.; DA SILVA, A. L. GeoGebra como ferramenta facilitadora na resolução de problemas envolvendo função quadrática. **Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo**, v. 12, n. 1, p. 29-42, 2023.

MORAES, A. G. **Uma contribuição ao ensino-aprendizagem da Matemática na Educação Básica**: aplicação das funções quadráticas no lançamento de foguetes confeccionados com garrafas PET. 2023. 93f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Matemática, Porto Velho, 2023.

NERES, D. W. S. **Função quadrática e equação do 2º grau**: dificuldades ampliadas pela pandemia da Covid-19 e uma proposta de abordagem pelo método de resolução de problemas. 2023. 134 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT) - Universidade de Brasília, Departamento de Matemática, Brasília, 2023.

PROENÇA, M. C. **Resolução de problemas**: encaminhamentos para o ensino e a aprendizagem de Matemática em sala de aula. Maringá: Eduem, 2018.

RIBEIRO, D. M. A. A. **Uma abordagem didática para função quadrática**. 2013. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2013.

SANTIA, I.; SUTAWIDJADJA, A. Exploring mathematical representations in solving ill-structured problems: The case of quadratic function. **Journal on Mathematics Education**, v. 10, n. 3, p. 365-378, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22342/jme.10.3.7600.365-378>. Acesso em: 28 maio 2025.

SOUZA, B. V. **Problemas do 2º grau**: uma proposta de sequências didáticas sob a perspectiva da metodologia de resolução de problemas. 2023. 142 f. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, 2023.

TAVARES, J. N; GERALDO, Â. Função quadrática. **Revista de Ciência Elementar**, v. 5, n. 1, art. 069, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.24927/rce2017.069>. Acesso em: 28 maio 2025.

WILKIE, K. J. Creative thinking for learning algebra: Year 10 students' problem solving and problem posing with quadratic figural patterns. **Thinking Skills and Creativity**, v. 52, art. 101550, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101550>. Acesso em: 28 maio 2025.

YING, C. L. OSMAN, S.; KURNIATI, D.; MASYKURI, E. S.; KUMAR, J. A.; HANRI, C. Difficulties that students face when learning algebraic problem-solving. **Universal Journal of Educational Research**, v. 8, n. 11, p. 5405-5413, 2020.