



Encontro Paranaense de Educação Matemática
Curitiba, 26 a 28 de setembro de 2024.

INVESTIGAÇÃO DE CONTEÚDOS MATEMÁTICOS AO SE TRABALHAR COM PROJETOS DE FOGUETES: UM ENSAIO SOBRE A MOBFOG

Denise Schwendler
Centro Integrado de Ensino Rural (CIER); Universidade Estadual do Oeste do Paraná
(UNIOESTE).
denise.schwendler@hotmail.com

Resumo

Este artigo apresenta um ensaio sobre as possibilidades de investigação de conteúdos matemáticos através da construção e lançamento de foguetes de garrafa PET. Orientados pela interrogação “que conteúdos matemáticos podem ser trabalhados no âmbito da Mostra Brasileira de Foguetes?”, exploramos como o ensino com projetos pode integrar teoria e prática no ensino de matemática, especialmente através das atividades relacionadas à Olimpíada da Mostra Brasileira de Foguetes. O estudo aborda como possibilidades os conteúdos como estatística, ângulos, velocidade, função quadrática, unidades de medida, simuladores de trajetória de foguetes e alguns aspectos interdisciplinares que podem ser explorados, transcendendo às atividades da Olimpíada. Acreditamos que este ensaio pode auxiliar e incentivar professores sobre a riqueza educativa de um único projeto, servindo como inspiração para trabalhar diferentes conteúdos de forma interativa e com o rigor conceitual, permitindo assim o desenvolvimento de múltiplas habilidades nos estudantes.

Palavras-chave: Lançamento de Foguetes. MOBFOG. Ensino de Matemática.

Introdução

A vivência de projetos na escola pode ser uma ferramenta pedagógica que permite transcender os muros da sala de aula e promover o desenvolvimento integral dos estudantes em diferentes experiências. Com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que solicita o ensino baseado em competências e habilidades, torna-se ainda mais necessário buscar por alternativas de ensino que vão além da memorização de conceitos.

O ensino baseado em projetos, conforme Hernández (1998), permite envolver ativamente os estudantes na construção do conhecimento, explorando situações que podem ser significativas e integradas aos conteúdos curriculares. Assim, defendemos que não é suficiente manifestar a importância de participar de projetos se estes são realizados sem propósito didático-pedagógico, uma vez que são desperdiçadas oportunidades significativas para explorar conhecimentos matemáticos de

modo a ampliar os horizontes compreensivos dos estudantes, tanto em matemática como em outras áreas do conhecimento.

Nesse sentido, diversos componentes curriculares podem ser inseridos no desenvolvimento de um projeto, seja com aspectos isolados ou de modo interdisciplinar. Uma estratégia é a investigação, como destacada por Dewey (1910), que reforça a importância de estimular a curiosidade dos estudantes para auxiliar na compreensão de conceitos matemáticos. As atividades práticas, que envolvem experiências físicas diretamente com algum material, abrem possibilidades para consolidar os conhecimentos aprendidos em sala de aula ou até mesmo para a exploração de conceitos novos, tomando como referência uma situação ou experimento. Consideramos que, ao relacionar conceitos em projetos práticos, os estudantes têm a possibilidade de desenvolver habilidades diversas e para além de conceitos matemáticos, também proporcionam uma excelente oportunidade para desenvolver habilidades de trabalho em equipe, a resolução de situações-problema e o pensamento crítico.

Dentre o leque de possibilidades de trabalhar *com* e *em* projetos, apresentamos a construção e o lançamento de foguetes como uma oportunidade de explorar conceitos matemáticos, científicos e tecnológicos de forma prática e interdisciplinar. Esta prática visa também à participação na Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), uma olimpíada experimental, aberta à participação de escolas públicas e privadas nas diferentes etapas de ensino. Para além da competição, a MOBFOG oferece uma oportunidade para desenvolver habilidades essenciais, como o trabalho em equipe, a criatividade e, o raciocínio matemático.

Em uma breve pesquisa no Google Acadêmico, é possível encontrar diversos trabalhos que relatam a experiência de participar da MOBFOG, mas as discussões sobre como essa participação pode contribuir para o estudo de conceitos matemáticos ainda são incipientes. Dentre os que citam algumas possibilidades de exploração, Silva e Meira Filho (2022) apresentam o relato de uma sequência didática para o ensino de Física em que abordam o movimento balístico, relacionando-o com a prática de lançamento de projéteis, no caso, o lançamento de foguetes. Leal *et al.* (2017) relatam algumas discussões a respeito dos materiais empregáveis na construção dos foguetes e das influências nas distâncias alcançadas. Quequi (2015) apresenta o *Software Tracker* que permite a análise dos pontos coordenados do foguete a partir da filmagem do lançamento e a elaboração de modelos matemáticos com base nestas informações. Já Vicente *et al.* (2023), no contexto da MOBFOG, destacam o *Software Open Rocket* como uma alternativa em que é possível desenhar, projetar e simular um foguete e o seu lançamento. Setti *et al.* (2016) desenvolvem a atividade inserida na Modelagem Matemática, citando conceitos de Física e Matemática. Oliveira *et al.* (2020)

discorrem sobre uma proposta interdisciplinar, e Leonardo e de Oliveira Junior (2022) descrevem a atividade com abordagem STEAM.

Embora os trabalhos citados ilustrem algumas relações entre os conteúdos, sentimos a necessidade de aprofundar aspectos que possam auxiliar professores interessados em participar desta olimpíada de modo mais proveitoso. Frequentemente, os professores não dispõem de todo o tempo necessário em seus planejamentos para dar-se conta da riqueza de algumas atividades. Para a escrita e organização deste texto, fomos orientados pela interrogação: *que conteúdos matemáticos podem ser trabalhados no âmbito da Mostra Brasileira de Foguetes?*

Como um modo de expor possibilidades, este ensaio problematiza inferências de conteúdos matemáticos que podem ser trabalhados com a construção e o lançamento de foguetes no âmbito da Mostra Brasileira de Foguetes, tendo por motivação a própria experiência. De modo mais específico, optamos por conduzir como um ensaio, uma vez que visa explorar um fenômeno a partir da experiência vivida, não no sentido de propor reflexões sobre a vivência, mas de tomá-la como ponto de partida para proporcionar incursões a respeito do tema (Bicudo, 2011; Meneghetti, 2011).

Para tanto, neste ensaio, não consideramos que os conteúdos sugeridos para exploração tenham sido todos aplicados no momento da prática com os foguetes, mas que são possibilidades sinalizadas a partir das reflexões sobre a atividade, visando aperfeiçoamento das práticas futuras. Assim, apresentamos na sequência algumas descrições sobre a MOBFOG, aspectos sobre como o projeto foi desenvolvido em escolas pela primeira autora e, considerações de conceitos e conteúdos que podem ser aprofundados com esta atividade, com incursões pedagógicas.

Sobre a MOBFOG

A MOBFOG é anualmente organizada e realizada pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), para alunos de todo o território nacional. Trata-se de uma olimpíada experimental que consiste na construção e no lançamento oblíquo de foguetes a partir de uma base de lançamento. Além disso, tem como objetivo fomentar o interesse pela Astronáutica, Física, Astronomia e Foguetes, promovendo a difusão de conhecimentos básicos de modo lúdico e cooperativo. É um evento aberto à participação das escolas públicas ou privadas, para alunos do primeiro ano do Ensino Fundamental (EF) até o último ano do Ensino Médio, organizado em cinco níveis, sendo que os dois últimos ainda permitem a participação em nível superior, desde que inscritos por uma escola da Educação Básica.

O nível 1 é destinado para estudantes do 1º ao 3º ano do EF, em que os foguetes são construídos com um canudo e o lançamento realizado por impulso de ar comprimido. O nível 2 é destinado a estudantes do 4º ao 5º ano do EF, sendo os foguetes feitos de papel e lançados também pelo impulso de ar comprimido. O nível 3 é destinado para estudantes do 6º ao 9º ano do EF e os foguetes são construídos com garrafa pet e movidos por impulso de água e ar comprimido. O nível 4 e o nível 5 são destinados para estudantes do Ensino Médio ou Superior, sendo os foguetes construídos de garrafa pet e, no nível 4 lançados pela reação entre vinagre e bicarbonato de sódio e no nível 5 são movidos por propulsão sólida. Do nível 1 ao nível 3 a pressão é inserida manualmente pelo estudante, enquanto nos níveis 4 e 5, ocorrem reações químicas para gerar a pressão.

Todas as atividades da olimpíada ocorrem na escola, com fase única em cada ano letivo. Por ser uma participação voluntária, cada escola pode optar pela quantidade de estudantes que participará em cada edição. A Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e a Agência Espacial Brasileira (AEB) concedem um certificado de participação para todos os estudantes e professores envolvidos, além de premiar com medalhas de bronze, prata e ouro para os estudantes que obtiverem os maiores alcances em seus respectivos níveis. Nos níveis 4 e 5, ainda são oferecidas Bolsas de Iniciação Científica Júnior, do CNPq, com duração de um ano, destinadas para alunos do Ensino Médio, tendo como critério de classificação o alcance do foguete. Na seção seguinte apresentaremos brevemente alguns aspectos sobre como ocorreu a participação na escola.

A MOBFOG na escola

Neste ensaio, para situar o leitor sobre como a olimpíada se desenvolve na escola, apresentamos as bases e os foguetes que competem nos níveis 3 e 4. Para a construção da base são utilizados 5 pedaços canos de PVC marrons de 20 mm de diâmetro, sendo dois pedaços de 20 cm, um pedaço de 25 cm e dois pedaços de 10 cm de comprimento, um cap, dois “joelhos”, 1 “T (tê)”, uma válvula *clamp-in* para bicicleta, um registro, abraçadeiras de nylon, uma abraçadeira de metal, cola para cano, lixa, balão e esparadrapo. Todo o passo a passo da construção pode ser encontrado nos regulamentos da MOBFOG. O registro abaixo apresenta uma base de lançamento pronta.



Figura 1 – Registro fotográfico da base de lançamento

Fonte: acervo próprio.

Os foguetes são construídos, em sua maioria, com duas garrafas PET semelhantes, preferencialmente com a lateral lisa de 2 a 3 litros, uma pastinha de plástico que já não seja mais utilizada pelos estudantes, um galão de 5 litros, geralmente de produtos de limpeza que possuem em casa, cola quente, cola instantânea e fitas. Uma das garrafas é cortada aproximadamente a 10 cm da tampa, sendo no bico prendido um balão com um pouco de areia para dar “peso” ao foguete. Então, essa parte superior que foi cortada é encaixada sobre a parte inferior da outra garrafa. A pastinha é utilizada para fazer a ponta do foguete, com um formato semelhante a um cone e recheada por 5 cm de cola quente para evitar a quebra da ponta com o impacto no chão após o lançamento. O galão é utilizado para a confecção das aletas¹, que podem variar de 3 a 4 peças e com diferentes tamanhos e formatos, sendo fixados na parte traseira do foguete. A ornamentação do foguete é livre, podendo ser pintado ou coberto com desenhos e adesivos, de acordo com a criatividade dos estudantes. Contudo, para manter os padrões de segurança, não é permitida nenhuma parte metálica no foguete. Abaixo apresentamos alguns registros de como ficaram os foguetes construídos pelos estudantes.



¹ As aletas (ou empenas, asas) servem para estabilizar o voo do foguete.



Figura 2 – Foguetes construídos pelos estudantes

Fonte: acervo próprio.

O local dos lançamentos é escolhido de acordo com os espaços disponíveis perto da escola. O regulamento sugere um campo de futebol, mas devido às distâncias alcançadas, todos os lançamentos foram realizados em lavouras próximas à escola, visando um terreno com maior extensão e mantendo condições planas.

No ano de 2021 a enquanto professora tivemos o primeiro contato com a MOBFOG, registrado em Schwendler *et al.* (2021), com estudantes do nível 3, sem muitas influências no projeto que, naquele ano, foi coordenado por outro professor da escola. Nos anos de 2022 e 2023, na função de orientadora do Laboratório de Matemática, assumindo a responsabilidade pela orientação dos estudantes na construção dos foguetes, do lançamento e do preenchimento das informações na plataforma da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) e MOBGOF, sem trabalhar alguma disciplina diretamente com os estudantes. No ano de 2024, como professora na disciplina de Matemática, foi realizada a construção e o lançamento de foguetes com estudantes do 6º ao 9º ano do EF. Em relação aos alcances dos foguetes, nos três primeiros anos, com os foguetes do nível 4, movidos pela reação entre vinagre de álcool e bicarbonato de sódio, a maior distância alcançada foi de 164 metros. Em 2024, com o foguete movido pela pressão de ar comprimido e água, foram alcançados 157 metros de distância.

Possibilidades de aprofundamento

Nesta seção apresentamos possibilidades de conteúdos matemáticos que podem ser explorados, sem destinar exclusivamente a um ano escolar ou etapa de ensino, uma vez que permitem

diferentes níveis de aprofundamento. Ressaltamos que são investigações sinalizadas sem validação prévia, mas organizadas pela reflexão da vivência. Isto é característico do ensaio, que “não requer a comprovação empírica, mesmo que ela possa apresentar-se como elemento de confirmação de pressupostos. Este é reflexão permanente, em que a centralidade da sua força está menos na evidência empírica e mais nos atributos da razão que pensa a realidade” (Meneghetti, 2011, p. 326).

Noções de estatística

Para participar da MOBFOG, é comum que os estudantes realizem diversos testes de lançamento com os seus foguetes, podendo avaliar fatores que podem ser melhorados ou modificados antes do lançamento oficial. Ao anotar e acompanhar diferentes alcances dos foguetes, torna-se possível trabalhar conceitos básicos da estatística. Um deles é a média aritmética simples, que permite aos estudantes calcular a distância média que o foguete, nas condições em que se apresenta, pode alcançar, assim como realizar estimativas para novos lançamentos. Ao considerar os alcances de toda uma turma, também é possível abordar conceitos como o de moda e mediana, contemplando as diferentes medidas de tendência central, além de medidas de dispersão, como desvio médio e desvio padrão. A interpretação dos alcances permite ainda explorar algumas possibilidades de gráficos que representem os dados, como, por exemplo, um gráfico de colunas que considere alguns intervalos de distância e a relação entre o gráfico e uma tabela que apresenta os mesmos dados.

A ideia de ângulo

Para se ter um bom resultado no lançamento, apenas a aerodinâmica do foguete não é suficiente. Visando o maior alcance possível para o foguete, podem ser trabalhadas noções de ângulos que podem ser aprofundadas em diferentes níveis de ensino. Assim, na construção da base, o ângulo é um elemento chave, uma vez que, é necessário equilibrar o ângulo entre os planos vertical e horizontal, sendo que para tornar possível o maior alcance a inclinação do tubo de lançamento deve ser de 45° em relação ao solo, conforme pode ser visualizado na figura abaixo.

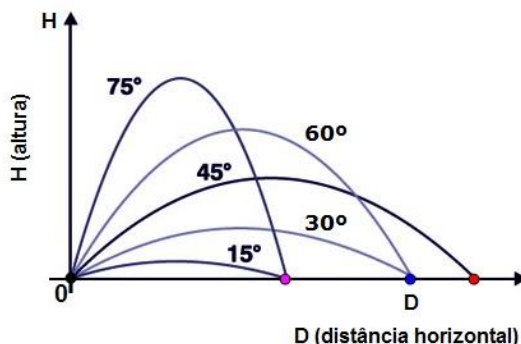


Figura 3 – Representação do alcance em função do ângulo

Fonte: Física (2015)².

Logo, é uma alternativa para discutir com os estudantes, desde a ideia inicial do que é um ângulo, sobre o uso de ferramentas para fazer a medição e como os materiais como o transferidor são manuseados. O uso de simuladores pode auxiliar na compreensão deste conceito, a exemplo do *PhET - Interactive Simulations*³, que é um projeto da Universidade do Colorado Boulder com diversos recursos educacionais de exploração e simulação.

Velocidade inicial

Para iniciar as discussões a respeito da velocidade, os estudantes precisam conhecer relações trigonométricas de seno, cosseno e tangente para compreender as componentes horizontal (V_x) e vertical (V_y) da velocidade, isto é,

$$v_{0x} = v_0 \cos(\theta) \text{ e } v_{0y} = v_0 \sin(\theta)$$

Ao lançar o foguete, a velocidade inicial v_0 forma a hipotenusa de um triângulo retângulo em que os catetos são v_{0x} e v_{0y} , sendo possível aplicar o Teorema de Pitágoras para confirmar essa relação. Além disso, o Teorema de Tales permite expressar a relação entre esses lados de maneira proporcional, auxiliando na decomposição da velocidade inicial. Dependendo do nível de ensino, também é possível calcular a velocidade inicial do lançamento sabendo o alcance da distância. Considerando d a distância alcançada pelo foguete, temos que

$$d = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$$

² Disponível em <https://fisica2015-thiagokyamamoto.blogspot.com/2015/07/lancamento-obliquo.html>. Acesso em 02 jun. 2024.

³ A simulação disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/projectile-motion permite observar trajetórias com diferentes ângulos, massas e velocidades.

Sabendo que o ângulo é de 45° , então $\sin(90) = 1$, substituindo os valores de d pelo alcance em metros e g da gravidade de $9,8\text{m/s}^2$, teremos como calcular a velocidade inicial. Além disso, com essa informação é possível ainda determinar a altura máxima que o foguete pode ter atingido, substituindo os valores na equação abaixo:

$$h_{\text{máx}} = \frac{v_0^2 \sin^2(\theta)}{2g}$$

Função quadrática

Ao analisar o movimento do foguete, desconsiderando elementos como a resistência do ar, a trajetória recorda uma parábola, podendo ser associada a uma função quadrática. Sabendo que a função quadrática é descrita por $f(x) = ax^2 + bx + c$ e considerando que a primeira raiz é 0, podemos determinar a segunda raiz, que é dada pelo alcance do foguete. Com isso tem-se as informações necessárias para determinar o ponto de máximo que é dado pelas coordenadas do vértice. Como exemplo, supondo que um foguete tenha alcançado 140 metros de distância, pelas características da simetria, a abscissa do vértice, isto é, o X_v será dado pela média aritmética entre as duas raízes, logo,

$$X_v = \frac{r_1 + r_2}{2} = \frac{0 + 140}{2} = 70$$

Já o Y do vértice pode ser determinado pela altura máxima, conforme apresentado anteriormente, sendo que neste exemplo temos $Y_v = 35$. Pela interpretação dos coeficientes da função quadrática, como a representação do gráfico contém a origem, então o coeficiente c será igual a zero.

Conforme apresentado neste texto, sabendo as coordenadas do ponto de origem do lançamento, o ponto de alcance da distância e um terceiro ponto determinado pela altura, é possível montar um sistema de equações 3×3 para calcular todos os coeficientes. Mantendo o exemplo, considerando a trajetória ideal de um foguete que alcançou 140 metros de distância, teremos os pontos $(0,0)$, $(140,0)$ e $(70, 35)$ e com isso,

$$a. 0^2 + b. 0 + c = 0$$

$$a. 140^2 + b. 140 + c = 0$$

$$a. 70^2 + b. 70 + c = 35$$

Ao resolver este sistema, encontramos $a = -\frac{1}{140}$, $b = 1$ e $c = 0$, daí, a função quadrática que descreve a trajetória do foguete é dada por

$$f(x) = -\frac{1}{140}x^2 + x$$

E o gráfico representado por

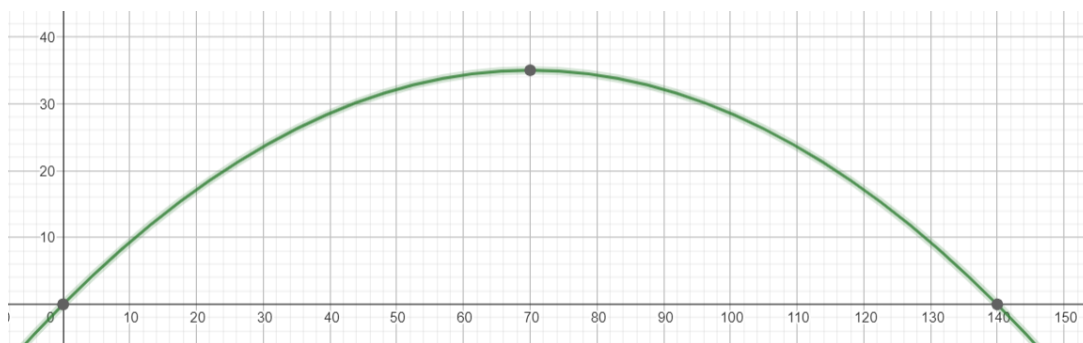


Figura 4 – Representação do gráfico da função quadrática

Fonte: os autores.

Vale ressaltar que esta função descreve condições ideais de lançamento, desconsiderando a resistência do ar, pequenas imprecisões na medição de ângulos e outros fatores característicos do material de cada foguete. Logo, pode haver divergências entre o cálculo e a situação ocorrida, uma vez que, na matemática, lidamos com aproximações, de modo que a aplicação destes conceitos pode servir como uma forma de análise crítica da situação e um aspecto auxiliar para o ensino.

Unidades de Medida

Para realizar a medição da distância alcançada por um foguete, são necessários conhecimentos básicos sobre o manuseio de ferramentas como uma fita métrica e a interpretação dos números nela contidos. Além disso, a conversão entre metros e centímetros, por exemplo, também pode ser explorada.

Outra unidade de medida presente diretamente no lançamento dos foguetes é o volume, seja nos foguetes do nível 3 ou do nível 4 e 5. As compreensões podem se dar a partir de vários testes, para explorar como diferentes quantidades de água (no caso de foguetes do nível 3) ou pressão de ar afetam a performance do foguete, aplicando conceitos de proporção e variáveis dependentes e independentes. No nível 4 este estudo pode se dar pelo volume e as proporções do bicarbonato de sódio e do vinagre que resultam em maior eficiência no voo, estabelecendo relações entre quantidade e deslocamento.

O tempo também é uma unidade de medida característica, que pode ser calculado pela equação

$$t = \frac{2v_0 \sin(\theta)}{g}$$

e comparado com o tempo cronometrado ou acompanhado em filmagem do lançamento, estabelecendo relações entre teoria e prática.

Simulação Computacional

As tecnologias digitais oferecem diferentes plataformas que podem ser utilizadas para fins pedagógicos. Os *softwares* de simulação permitem criar, testar e analisar diferentes situações antes mesmo da realização de experimentos físicos. Alguns exemplos são: *OpenRocket*, já citado por Vicente *et al.* (2023), que é um simulador de código aberto para modelagem, com a criação detalhada do foguete e a simulação do seu voo sob diferentes condições e com gerador de gráficos e relatórios. Alguns outros exemplos encontrados na *web* são o *RockSim*, *Kerbal Space Program (KSP)*, *Flight Gear* e *SpaceCAD*.

Interdisciplinaridade:

Para além de conceitos e situações matemáticas que podem ser trabalhados com o lançamento de foguetes, é válido ressaltar que este projeto pode tornar-se ainda mais rico se aproveitadas as oportunidades interdisciplinares. Conceitos como o da Terceira Lei de Newton que diz da ação e reação estão diretamente relacionados ao lançamento do foguete em que, a pressão gerada é a força da ação e pela reação ocorre o impulso do movimento. Além do exposto, aspectos da física como a força da gravidade, a relação entre a força, massa e aceleração, movimento e energia, coeficiente de arrasto na resistência aerodinâmica também compõem um rol de possibilidades.

Para construir um foguete que permita um voo eficiente, algumas definições como o centro de gravidade e o centro de massa são fundamentais, uma vez que, ao serem calculados corretamente, permitem a harmonização das forças aerodinâmicas. Os materiais utilizados na construção também influenciam diretamente, tanto por questões aerodinâmicas, de performance e estabilidade na trajetória.

Algumas considerações

Na temática de trabalhar *com* e *em* projetos, a MOBFOG se configura como um desafio instigante para professores e demais profissionais da Educação, uma vez que solicita um estudo a respeito da própria Olimpíada e, principalmente, das possibilidades de exploração que a sua

realização oferece. É uma oportunidade para integrar a teoria e a prática no ensino da matemática e a integração interdisciplinar, desenvolvendo habilidades de cooperação, criatividade e resolução de situações. Além do engajamento com o projeto de construir e lançar o foguete, pode fomentar a curiosidade científica e criativa dos estudantes.

Neste ensaio investigamos *que conteúdos matemáticos podem ser trabalhados no âmbito da Mostra Brasileira de Foguetes?* Orientados por esta interrogação, buscamos explorar quais conceitos matemáticos podem ser trabalhados através do projeto de construção e lançamento de foguetes de garrafa PET, enfatizando, além da participação na Olimpíada, algumas possibilidades de incursões pedagógicas.

Além de descrevermos brevemente aspectos sobre como ocorre a MOBFOG na escola, transcendemos à Olimpíada e apresentamos alguns dos conteúdos que podem ser trabalhados com estudantes em diferentes etapas do ensino e com níveis de aprofundamento próprios. Destacamos a possibilidade de explorar conceitos de estatística, tomando a distância alcançada pelos foguetes como os dados a serem interpretados. As noções de ângulo também são fundamentais, uma vez que permitem explorar o alcance máximo. Manifestamos situações que podem ser trabalhadas antes e após o lançamento. Como exemplo de conceito pós lançamento mencionamos o cálculo da velocidade inicial do foguete e a altura máxima que ele pode ter alcançado. A partir disso, é possível estudar os elementos e determinar a função quadrática que descreve a trajetória do foguete em condições ideais, com a interpretação do gráfico. Além disso, são evidenciados os conteúdos relacionados às unidades de medida e as suas conversões, a exploração de simuladores que auxiliam na compreensão e análise das influências de diferentes aspectos na trajetória do foguete e, por fim, algumas sugestões interdisciplinares.

Este ensaio não se encerra em si mesmo, mas abre as portas para um universo de possibilidades. Que ele sirva como um mapa para guiar práticas com a MOBFOG, explorando a diversidade de conteúdos matemáticos que podem ser relacionados a um único projeto. Sinalizamos a importância de continuar expandindo as investigações em busca de novas alternativas pedagógicas que possam envolver os estudantes em situações práticas e enriquecer o campo de oportunidades, sem perder o rigor dos conceitos matemáticos e de outras áreas.

Referências

BICUDO, M. A. V. **Pesquisa qualitativa segundo a visão fenomenológica**. São Paulo: Cortez, 2011.

DEWEY, J. How we think. D.C. Heath & Co., 1910.

HERNÁNDEZ, F. Transgressão e mudança na educação: os projetos de trabalho. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

LEAL, M. M. *et al.*, OBA E MOBFOG: Atividades experimentais no Ensino de Física com Lançamento de Foguetes. **In: IV Congresso Nacional de Educação**, 2017.

LEONARDO, R. DE OLIVEIRA JUNIOR, H. A. Do Podcast à construção de foguetes: as possibilidades da abordagem STEAM no estudo de função quadrática. **In: Anais do XVI Encontro Paranaense de Educação Matemática – EPREM**, Foz do Iguaçu, 2022.

MENEGHETTI, F. K. O que é um ensaio-teórico?. **Revista de administração contemporânea**, Curitiba - PR, v. 15, n. 2, p. 320-332, 2011.

OLIVEIRA, C. *et al.*, APOLLO-PET: uma proposta interdisciplinar à luz da BNCC. **Scientia Cum Industria**, Caxias do Sul, v. 8, n. 3, p. 69-78, ago. 2020.

QUEQUI, G. B. **Função quadrática: Modelagem Matemática no lançamento de um foguete**. 2015, 30 f. (Especialização em Educação Matemática) - Universidade Vale dos Sinos (Unisinos), São Leopoldo, RS, 2015.

SCHWENDLER, D. *et al.* Construção e lançamento de foguetes: do ensino de ciências para a MOBFOG. **In: II Simpósio Catarinense em Educação em Ciências - SECEC**, 2021, p. 13.

SETTI, E. J. K. *et al.* Modelagem Matemática e Física: uma experiência com foguetes. **Encontro Nacional de Educação Matemática**, v. 12, p. 1-12, 2016.

SILVA, E. A.; MEIRA FILHO, D. P. O MOVIMENTO BALÍSTICO: da experimentação à olimpíada - uma proposta de sequência didática a partir de um relato de experiência no ensino de física. **Física: intervenções pedagógicas, tecnologias e metodologias emergentes à efetividade do ensino-aprendizagem**, [S.L.], Editora Científica Digital, p. 169-180, 2022.
<http://dx.doi.org/10.37885/220207606>.

VICENTE, A. E. *et al.* ROJETO DE CONSTRUÇÃO E LANÇAMENTO DE FOGUETES DE GARRAFA PET COM PROPULSÃO DE VINAGRE E BICARBONATO DE SÓDIO: um relato de experiência. **Anais da Feira de Iniciação Científica e Extensão (FICE)**, Campus Camboriú, 2023.