

PRODUÇÃO E LANÇAMENTO DE FOGUETES NO ENSINO DE FUNÇÃO QUADRÁTICA: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA INTERDISCIPLINAR

Francisca Maria Oliveira do Nascimento Vieira¹

Juliana Maria Schivani Alves²

Ubaldo Fernandes de Almeida³

RESUMO

Este trabalho trata de uma pesquisa em andamento que irá explorar a produção e o lançamento de um foguete caseiro, envolvendo a Investigação Matemática (IM) e a Interdisciplinaridade entre as disciplinas de Matemática e Física para o estudo da Função Quadrática. A proposta interdisciplinar, neste caso, articula conhecimentos físicos dentro de uma atividade matemática, tornando seu ensino aplicável e com significado, desenvolvendo nos discentes, análises críticas e reflexivas sobre seu próprio aprendizado. No que diz respeito a IM, tais habilidades se fortalecem, uma vez que esta metodologia preconiza a busca do aluno para encontrar soluções dos problemas propostos a partir de questionamentos, argumentos, justificativas, evidências, erros e refutações. Nesta perspectiva, inicialmente se realizou uma pesquisa bibliográfica sobre os conceitos físicos envolvendo a construção e o lançamento de um foguete caseiro e suas relações matemáticas. Paralelo a isso, aprofunda-se o estudo em documentos acadêmicos e governamentais que respaldam e orientam como trabalhar com a Interdisciplinaridade e a Investigação Matemática. Os resultados desta pesquisa bibliográfica fomentarão a construção de uma atividade matemática interdisciplinar com abordagem investigativa para auxiliar no ensino e aprendizado das funções quadráticas. Tal atividade será aplicada em duas turmas da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública do Rio Grande do Norte. Os alunos irão construir e lançar um protótipo de foguete ao passo que coletarão dados do lançamento e farão um estudo investigativo acerca da trajetória curvilínea. Dessa forma, os conceitos envolvendo Função Quadrática surgirão naturalmente à medida que o processo investigativo e interdisciplinar avance entre os estudantes e o professor. Espera-se que os alunos possam aprender sobre Função Quadrática de forma mais atrativa e com significado e consigam relacionar seu estudo com os conceitos físicos, interligando e conectando os conhecimentos destas duas áreas.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade, Investigação Matemática, Lançamento de Foguetes, Função Quadrática.

INTRODUÇÃO

¹ Graduanda do Curso de Licenciatura em Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* São Paulo do Potengi – IFRN SPP, nascimento.francisca@escolar.ifrn.edu.br;

² Mestra em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, juliana.schivani@ifrn.edu.br ;

³ Mestre em Ensino de Física pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* Central– IFRN, almeida.ubaldo@ifrn.edu.br.

É comum que o ensino das disciplinas escolares, sejam elas da área de linguagens, ciências humanas, ciências da natureza ou da matemática, seja realizado de forma isolada, sem conexões ou relações evidentes entre as diversas áreas do conhecimento. Contudo, desde os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) há recomendações do trabalho interdisciplinar, com a finalidade de dar mais significado aos conteúdos estudados.

São inúmeros os conteúdos de diferentes disciplinas que se conectam entre si. Como exemplo, pode-se citar a disciplina de Física que, ao abordar conceitos da Mecânica Clássica, frequentemente se apoia nos conceitos algébricos e gráficos, presentes na Matemática, para poder desenvolver o estudo dos movimentos dos corpos.

Neste sentido, se apresenta este artigo, resultado de um projeto de pesquisa que buscou responder as seguintes questões norteadoras: onde a função quadrática é utilizada, como relacionar a Física com a Matemática e de que forma a Investigação Matemática, como abordagem metodológica para o ensino e para o aprendizado da Matemática, contribui para uma abordagem interdisciplinar.

O objetivo geral do projeto supracitado foi tornar o aprendizado da função quadrática mais atraente e com significado para os estudantes. Para tanto, foi elaborada uma atividade matemática de construção e lançamento de foguetes produzidos de garrafa PET, em que os estudantes são incentivados a relacionar o estudo da função quadrática com conceitos físicos, conectando conhecimentos das duas áreas. Tal atividade foi aplicada em duas turmas da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública do interior do estado do Rio Grande do Norte.

Essa abordagem visa despertar o interesse dos alunos pela Matemática e Física, além de desenvolver habilidades como trabalho em equipe, resolução de problemas e aplicação prática dos conceitos aprendidos.

METODOLOGIA

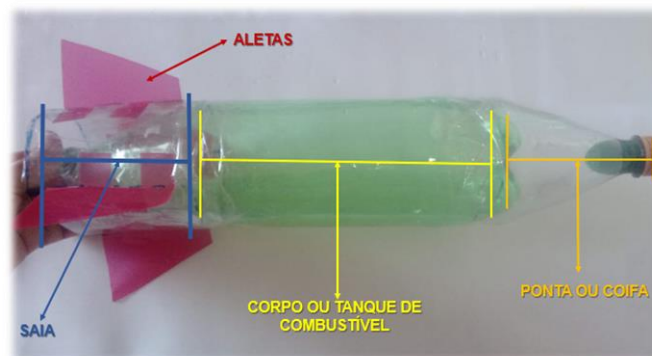
Como já posto, a pesquisa que resultou neste artigo teve como objetivo tornar o aprendizado da função quadrática mais atraente e com significado. Para tanto, se construiu atividades investigativas de Matemática que visaram a construção, lançamento e estudo de foguetes caseiros de garrafa PET. Tais atividades foram aplicadas com duas turmas de 1ª série do Ensino Médio Técnico Integrado em Meio Ambiente e em Informática para a Internet, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* São Paulo do Potengi.

A instituição em questão é a escola-campo cadastrada no Programa de Residência Pedagógica (PRP)⁴, a qual as autoras deste trabalho fazem parte, o que justifica a escolha das turmas supracitadas.

Primeiramente, procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica acerca da Interdisciplinaridade, abarcando estudos que definem o termo e evidenciam a importância da relação de distintas áreas de conhecimento a fim de proporcionar um aprendizado com mais significado. Realizou-se, também, um estudo acerca do conceito de Investigação Matemática, direcionando a metodologia de ensino para a conexão entre a Matemática e a Física, através de seus fundamentos conceituais, indispensáveis no processo de construção e lançamento de foguetes caseiros. Por fim, nesta primeira etapa da metodologia de pesquisa, procurou-se por modelos de construções de foguetes caseiros, em que foi possível encontrar diversas versões e decidir sobre qual utilizar ou adaptar.

Após esta pesquisa bibliográfica, a próxima etapa metodológica consistiu-se em uma pesquisa aplicada, na qual trabalhamos de maneira empírica na construção do modelo inicial do foguete, seguindo as indicações dos estudos anteriores. O resultado do primeiro protótipo construído pode ser observado na Imagem 1 a seguir, destacando todos os elementos do foguete.

Imagem 1 - Protótipo do foguete



Fonte: Autoria própria, 2023.

Após a finalização da estrutura do foguete, procedeu-se ao teste de lançamento, conforme pode ser observado na Imagem 2 a seguir. Na ocasião, foram coletados e analisados os dados referentes à trajetória, a altura atingida, o tempo de voo e outras informações

⁴ O Programa de Residência Pedagógica (PRP) é um programa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que tem por finalidade fomentar projetos institucionais implementados por Instituições de Ensino Superior, contribuindo para o aperfeiçoamento da formação inicial de professores da educação básica nos cursos de Licenciatura. (Disponível em: <<https://www.gov.br/capes/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/educacao-basica/programa-residencia-pedagogica>> Acesso em: 18 nov. 2023)

necessárias para a Investigação Matemática e posterior representação da sua trajetória através de uma lei de formação da Função Quadrática e seu respectivo gráfico.

Imagem 2 – Lançamento teste



Fonte: Autorial própria, 2023.

Com base no resultado da construção, dos testes e dos dados de lançamento coletados e investigados, foi elaborada uma sequência de atividades voltada para a aplicação das funções quadráticas, integrando as áreas de Matemática e de Física. Foi preciso construir uma sequência do passo a passo da construção do foguete; uma sequência com o passo a passo para a construção da base de lançamento do foguete; uma sequência com o passo a passo para o lançamento do foguete; e, por fim, uma última sequência com as questões investigativas que deveriam ser respondidas considerando o tempo total de trajeto durante o lançamento de cada foguete. Mesmo com a sequência do passo a passo da construção, foi necessário realizar uma oficina de construção (ou finalização da construção) dos foguetes de cada grupo de estudantes, pois foi preciso averiguar se estava bem construído para não correr o risco de peças se desprenderem no momento do lançamento; girar ao invés de fazer um percurso curvilíneo; ou ainda não conseguir ser lançado.

Imagem 3 – Oficina de construção do foguete



Fonte: Autorial própria, 2023.

Após todos os grupos estarem com seus foguetes construídos, realizou-se o lançamento de cada uma das construções, em um campo de futebol da instituição.

Os resultados dos lançamentos, bem como as interações e diálogos entre os estudantes foram registrados por meio de fotografias, vídeos e diário de campo.

Em momento posterior, foi aplicada a sequência de atividades investigativas utilizando-se do tempo total de percurso de lançamento de cada foguete. Registrou-se durante a aplicação, falas, questionamentos e gestos entre os estudantes. Como dados a serem analisados também foram coletadas as próprias atividades respondidas por cada grupo.

Tais registros passaram por um tratamento e análise, utilizando-se de planilhas eletrônicas e construindo gráficos quando caracterizados como dados quantitativos, e descritos quando se tratava de diálogos, fotografias do momento da realização da atividade, dentre outros, que complementarão a pesquisa predominantemente qualitativa.

Ao fim da validação da efetividade ou aprimoramento da proposta investigativa e interdisciplinar, finalizou-se o projeto de pesquisa com a escrita do relatório final, que se apresentou os resultados das pesquisas bibliográficas, da pesquisa aplicada e da aplicação da sequência de atividades nas turmas de primeiro ano do Ensino Médio. Tal relatório serviu de base para a produção desse artigo e para o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da residente do Programa de Residência Pedagógica, pesquisadora e uma das autoras deste artigo.

REFERENCIAL TEÓRICO

A Investigação Matemática é uma abordagem que estimula os estudantes a aproximarem-se de problemas propostos por meio de questionamentos, argumentações, justificativas, evidências, erros e refutações, com o intuito de evidenciar a relevância da Matemática em situações cotidianas.

Para Braumann (2002, p.5):

Aprender Matemática não é simplesmente compreender a Matemática já feita, mas ser capaz de fazer investigação de natureza matemática (ao nível adequado a cada grau de ensino). Só assim se pode verdadeiramente perceber o que é a Matemática e a sua utilidade na compreensão do mundo e na intervenção sobre o mundo. (BRAUMANN, 2002, p.5).

É importante compreender o mundo, como defendido por Braumann (2002), para responder a perguntas dos alunos sobre a utilidade da Matemática na vida. A Investigação Matemática permite aos estudantes desenvolverem habilidades de pensamento criativo e analítico, e adquirirem uma compreensão mais aprofundada dos conceitos Matemáticos.

Ainda relatando sobre esses questionamentos levantados pelos alunos, Ponte (1994, p.2), afirma que:

Para os alunos, a principal razão do insucesso na disciplina de Matemática resulta desta ser extremamente difícil de compreender. No seu entender, os professores não a explicam muito bem nem a tornam interessante. Não percebem para que serve nem porque são obrigados a estudá-la. Alguns alunos interiorizam mesmo desde cedo uma auto-imagem de incapacidade em relação à disciplina. Dum modo geral, culpam-se a si próprios, aos professores, ou às características específicas da Matemática. (PONTE, 1994, p. 2).

A Investigação Matemática é uma estratégia que procura atenuar o modelo clássico de ensino da Matemática, que transcorrem por gerações. Através dessa abordagem, os estudantes têm a oportunidade de adquirir habilidades cruciais para solucionar problemas e entender conceitos matemáticos de forma mais aprofundada. Essa estratégia é extremamente benéfica para tornar a disciplina mais atrativa para os alunos e prepará-los para os desafios da atualidade.

Sobre o desenvolver da Investigação Matemática, Ponte, Brocardo e Oliveira (2009, p.20) explicam que:

Podemos dizer que a realização de uma investigação matemática envolve quatro momentos principais. O primeiro abrange o reconhecimento da situação, a sua exploração preliminar e a formulação de questões. O segundo momento refere-se ao processo de formulação de conjecturas. O terceiro inclui a realização de testes e o eventual refinamento das conjecturas. E, finalmente, o último diz respeito à argumentação, à demonstração e avaliação do trabalho realizado. (PONTE, BROCARDI e OLIVEIRA, 2009, p. 20).

A Investigação Matemática desafia os estudantes a encontrar soluções para problemas reais e aplicá-los, mostrando a importância da disciplina além de algoritmos e estimativas.

No que concerne a Interdisciplinaridade, trata-se de uma estratégia de ensino que visa integrar de forma coordenada e direcionada diversas disciplinas e áreas de conhecimento, a fim de proporcionar um aprendizado completo e considerar o conjunto, em vez das partes. Seu propósito não é eliminar ou descaracterizar as disciplinas individuais, mas sim conectar as diversas áreas de conhecimento de maneira unificada.

Ainda corroborando sobre isso, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - 9.394/96 (LDB) origina que:

A interdisciplinaridade deve ir além da mera justaposição de disciplinas e, ao mesmo tempo, evitar a diluição delas em generalidades. De fato, será principalmente na possibilidade de relacionar as disciplinas em atividades ou projetos de estudo, pesquisa e ação, que a interdisciplinaridade poderá ser uma prática pedagógica e didática adequada aos objetivos do Ensino Médio (BRASIL, 1996, p. 78).

Dessa maneira, a Interdisciplinaridade pode ser interpretada como uma tática de ensino na qual os alunos são encorajados a unir diferentes áreas do conhecimento em suas pesquisas e projetos acadêmicos. Assim como na Investigação Matemática, isso promove o desenvolvimento de habilidades essenciais como pensamento crítico, resolução de problemas, comunicação e trabalho em equipe.

Guinando para o campo da Matemática, Souza (1995, p. 108) pleiteia que:

Se é que queremos relacionar a matemática com a vida, se é que desejamos que ela se torne uma ferramenta auxiliadora para o aluno entender o que está acontecendo com o universo do qual faz parte. Para isso a interdisciplinaridade pode nos ajudar, fazendo com que entremos em contato com o lado dinâmico e vivo das coisas e transformemos a matemática e, um conhecimento vivo e humano. (SOUZA, 1995, p. 108)

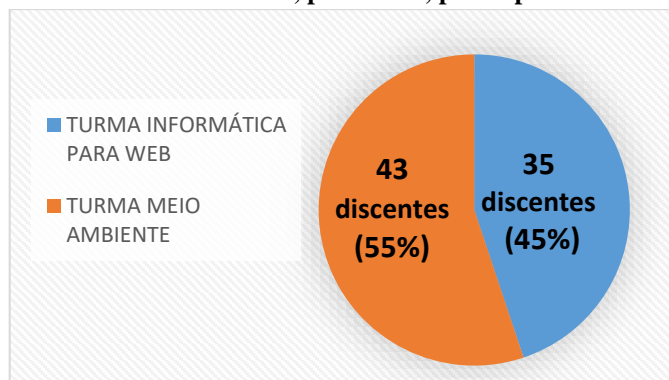
Para entender o mundo atual, é essencial ter conhecimento e relacionar a Matemática com a vida dos alunos, tornando-a acessível. Ademais, a Interdisciplinaridade é fundamental para mostrar a conexão entre a Matemática e outras áreas de conhecimento, pois o atrelamento entre Matemática e Física é crucial para o progresso da Ciência e Tecnologia, promovendo um enriquecimento mútuo e uma melhor compreensão dos eventos naturais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As atividades tanto de construção do foguete, lançamento e resolução das questões investigativas se deram em momentos diferentes e em grupos. O trabalho se deu nas turmas de 1ª série de Nível Médio dos Cursos Técnicos Integrados em Meio Ambiente e em Informática para a Internet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, *Campus* São Paulo do Potengi, de forma separada.

Da turma de Meio Ambiente participaram 43 discentes e de Informática, 35 discentes, totalizando 78 estudantes, como mostra o Gráfico 1 abaixo.

Gráfico 1 – Total de discentes, por turma, participantes da atividade



Fonte: Autoria própria, 2023.

Sendo os materiais utilizados de fácil acesso, de modo geral, os grupos não demonstraram dificuldades em construir os foguetes com garrafa PET.

Optou-se pelo lançamento usando uma mistura química de bicarbonato de sódio e vinagre, em detrimento do outro tipo de lançamento, usando ar e água. Este último, considerou-se perigoso pela alta pressão exercida, além de exigir materiais mais difíceis de serem encontrados, como pito de bicicleta, bomba de ar, mangueiras, dentre outros. Ainda assim, teve um único estudante que optou por realizar o lançamento desta última forma mencionada. Embora não tenha sido objeto de estudo desta pesquisa, ressalta-se que fazendo uso da mistura de bicarbonato e vinagre, pode-se também abordar conceitos químicos envolvidos neste processo.

No momento do lançamento, houve uma visível expectativa dos estudantes se daria certo ou não o lançamento. Sempre que um foguete era lançado com êxito, o grupo comemorava veementemente. Houve uma curiosidade de saber qual dos foguetes atingiu maior distância e, para verificar isto, após cada lançamento, um dos componentes do grupo andava em passos largos até a direção da queda do foguete, contando cada passo como sendo a aproximação para um metro. Esta informação era compartilhada entre eles, gerando uma pequena disputa. Um dos grupos até quis lançar novamente para que o foguete pudesse atingir uma altura e distância maior do que a do primeiro lançamento.

Já em sala de aula, com todos os grupos sabendo do tempo total de percurso dos seus respectivos lançamentos, foi entregue as folhas da atividade investigativa proposta para serem discutidas e respondidas, ainda em grupo.

A primeira questão investigativa dizia respeito as duas variáveis envolvidas no lançamento do foguete (tempo de lançamento e altura alcançada durante o percurso). Além de

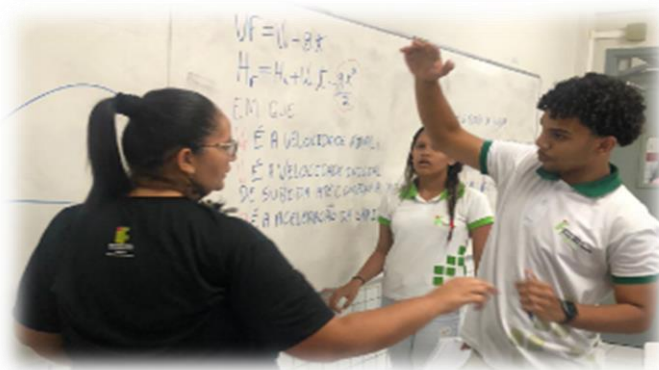
identificar quais eram as variáveis, os grupos precisavam definir qual era a dependente e qual era a independente. Dentre os 78 respondentes, 100% acertaram.

Além dos dados quantitativos serem bastantes relevantes, não podemos deixar de ressaltar os dados qualitativos, aos quais demonstram a curiosidade despertada nos estudantes desde o início da atividade, com questionamentos voluntários tais como: *Como a Matemática irá se relacionar com um foguete de garrafa pet? Será que esse foguete vai voar mesmo? Como eu vou descobrir a altura máxima desse foguete só anotando o tempo que ele ficou no ar? A distância horizontal que o foguete alcançou não é importante para descobrir a altura máxima? Qual foguete atingiu uma distância maior?*

A imagem 4 mostra o momento em sala de aula, para responder as questões propostas, após o lançamento dos foguetes. O estudante faz gestos com o braço para desenhar o gráfico que representa a altura do foguete ao longo do tempo e assim, a partir dessa representação, se construir a lei de formação que fornece a altura do foguete a cada instante de tempo.

Todos os grupos facilmente identificaram uma parábola como representação do trajeto do foguete e souberam inserir as raízes da equação do 2º grau no gráfico construído, pois sendo o eixo x a representação do tempo, em segundos, as raízes (também denominadas de x linha e x duas linhas) serão sempre zero e o tempo total do trajeto. Além disso, não houve dificuldade em compreender que a altura máxima do foguete seria atingida na metade do tempo total, podendo concluir que o x do vértice é exatamente o ponto médio entre as duas raízes, sem necessidade de se usar a fórmula para encontrar seu valor.

Imagem 4 – Estudantes respondendo as questões investigativas



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para encontrar a altura máxima do foguete, foi necessário disponibilizar as fórmulas de Física para Movimentos Retilíneos Uniformes e Movimentos Retilíneos Uniformemente Variados. Com essas fórmulas foi possível que os estudantes respondessem as questões sobre

velocidade inicial do foguete e altura máxima atingida, conforme exemplo na imagem 5 a seguir.

Imagem 5 – Respostas de parte da atividade escrita de um dos grupos

a) Qual a velocidade final do foguete? 0 m/s

b) Qual a velocidade inicial do foguete?

$VF = Vi - g \cdot t$
 $0 = Vi - 10 \cdot 2$
 $-Vi = -20 \text{ m/s}$ $P_0(-1)$
 $\Rightarrow Vi = 20 \text{ m/s}$

c) Qual a altura máxima que o foguete atingiu, isto é, a altura máxima que o foguete atingiu até o momento em que ele começa a descer?

$H_F = 0 + 20 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 2^2}{2}$
 $H_F = 40 - 20$
 $H_F = 20 \text{ m}$

$H_F = H_i + Vi \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$

Fonte: Autoria própria, 2023.

Observou-se dificuldades da maioria dos grupos de ambas as turmas em encontrar e utilizar a lei de formação que fornecia a altura do foguete ao longo do tempo, mesmo tendo o gráfico anteriormente construído de forma correta.

Foi orientado que se usasse dois pontos conhecidos do gráfico e construísse um sistema de equações do primeiro grau para encontrar os coeficientes a e b da função quadrática, uma vez que se sabia que c era nulo. Um dos grupos decidiu por usar a decomposição de polinômios em função de suas raízes, mesmo não tendo visto esse conceito em sala de aula. Quando questionados o que significava aquela representação, um dos componentes do grupo soube explicar o que havia feito e justificou o uso, alegando que achou mais fácil que usar sistema de equações. Este tipo de pesquisa também faz parte do processo de Investigação Matemática e julgamos como positivo.

Vale ressaltar que a turma de Informática para a Internet estava cursando a disciplina de Física comumente, enquanto que a turma de Meio Ambiente só irá cursar esta disciplina no próximo período. Este fato causou diferenças no momento da compreensão dos conceitos e fórmulas físicas utilizadas nas turmas, pois enquanto a turma de Informática para Internet já estava familiarizada com todos os conceitos e fórmulas apresentadas, a turma de Meio Ambiente estava vendo pela primeira vez. Contudo, não inviabilizou a atividade, pois antes das questões propostas, foram dadas e explicadas as fórmulas necessárias para encontrar a velocidade inicial e a altura máxima atingida pelo foguete.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos concluir que a atividade proposta foi exequível, pois a maioria dos materiais utilizados são recursos acessíveis e de baixo custo o que viabiliza outros professores a realizarem tal proposta com seus estudantes. Além disso, foi possível despertar o interesse, curiosidade e motivação dos alunos com o lançamento de cada foguete construído por eles próprios.

Relevantemente, a pesquisa relaciona-se com conceitos da Física e da Química. Embora decidiu-se aprofundar na relação física, pode-se também trabalhar a interdisciplinaridade com a Química, devido os materiais usados para gerar a propulsão do foguete serem vinagre, água e bicarbonato de sódio, ou seja, uma reação química. Isto posto, pode-se observar que a interdisciplinaridade pode ir além da relação de duas disciplinas, podendo envolver três ou mais, com aplicações e significados de conceitos específicos.

REFERÊNCIAS

BRAUMANN, Carlos. (2002). **Divagações sobre investigação matemática e o seu papel na aprendizagem da matemática.** In PONTE, J. P.; COSTA, C.; ROSENDO, A. I.; MAIA, E.; FIEGUEIREDO, N. & DIONÍSIO, A. F. As atividades de investigação na aprendizagem da matemática e na formação de professores. Lisboa: SEM-SPCE.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. **LDB - Lei nº 9.394/96.** Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília : MEC, 2000.

PONTE, J. P. Matemática: **Uma disciplina condenada ao insucesso.** NOESIS, 1994, n. 32, p. 2.

PONTE, João. P. da; BROCARD, Joana.; OLIVEIRA, Helia. **Investigações matemática na sala de aula.** Belo Horizonte: Autêntica, 2013.

SOUZA, Ricardo Luís de. **Conversando sobre a interdisciplinaridade no ensino da matemática.** In: FAZENDA, Ivani (Org.). A academia vai à escola. Campinas: Papirus, 1995.