EXPLORANDO UMA FONTE PRIMÁRIA DO BRASIL COLONIAL NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA

EXPLORING A PRIMARY SOURCE FROM COLONIAL BRAZIL IN THE INITIAL TRAINING OF MATHEMATICS TEACHERS

Edmundo Rodrigues Junior
ORCID 0000-0002-1266-3026
Instituto Federal do Espírito Santo, IFES
Campus Cachoeiro de Itapemirim
Cachoeiro de Itapemirim, Brasil
edmundor@ifes.edu.br

Fernanda Soares da Silva Bonato
ORCID 0000-0002-8143-8076
Centro Estadual de Ensino Fundamental e Médio em Tempo Integral Francisco Coelho Ávila Júnior, CEEFMTI
Cachoeiro de Itapemirim, Brasil
nandasoaresds@gmail.com

Paulo José Pereira de Oliveira
ORCID 0000-0003-3376-2856
Instituto Federal do Espírito Santo, IFES
Campus Cachoeiro de Itapemirim
Cachoeiro de Itapemirim, Brasil
paulojoseoifes.edu.br

José Pontes Schayder
ORCID 0000-0002-4983-5653
Instituto Federal do Espírito Santo, IFES
Campus Cachoeiro de Itapemirim
Cachoeiro de Itapemirim, Brasil
josep@ifes.edu.br

Resumo. Este trabalho é uma pesquisa qualitativa no qual se buscou investigar a construção dos conhecimentos dos alunos de licenciatura em matemática, em relação a um trecho do conteúdo lançamento oblíquo descrito na obra do Brigadeiro Alpoim; um personagem importante que lecionou no ensino técnico do Brasil durante o Século XVIII. Igualmente, este trabalho procura ampliar o horizonte dos alunos, mostrando para eles a importância da contextualização social, política e econômica para uma compreensão mais abrangente da ciência. A pesquisa foi realizada no primeiro semestre de 2017, teve duração de quatro semanas, totalizando 8 aulas de 50 min cada. Participaram da pesquisa 15 alunos do 3º período do curso de licenciatura em matemática, matriculados na disciplina História da Matemática em uma Instituição Federal de Ensino. Coletou-se dados através de questionários. O excerto da fonte primária sobre lançamento oblíquo é eficaz para a incorporação das relações de semelhança de triângulos e do teorema de Tales. Os estudantes reconheceram que associar o contexto histórico aos conteúdos de matemática ajuda a despertar o interesse em matemática dos alunos da educação básica e, propicia aos licenciandos um conhecimento da cultura e da economia da época em que as fórmulas foram generalizadas e sintetizadas.

Palavras- Chave: ensino de matemática, Alpoim, lançamento oblíquo, contextualização histórica.

Abstract. This work is a qualitative research in which we sought to investigate the construction of knowledge of undergraduate mathematics students, in relation to an excerpt from the oblique launch content described in the work of Alpoim Brigadier; an important character who taught in technical education in Brazil during the 18th century. Likewise, this work seeks to broaden students' horizons, showing them the importance of social, political and economic contextualization for a more comprehensive understanding of science. The research was carried out in the first semester of 2017, lasting four weeks, totaling 8 classes of 50 minutes each. Fifteen students from the 3rd period of the mathematics degree course, enrolled in the History of Mathematics discipline at a Federal Education Institution, participated in the research. Data was collected through questionnaires. The excerpt from the primary source on oblique launch is effective for incorporating triangle similarity relations and Thales' theorem. The students recognized that associating the historical context with mathematics content helps to awaken interest in mathematics among basic education students and, provides undergraduates with knowledge of the culture and economy of the time in which the formulas were generalized and synthesized.

Keywords: mathematics teaching, Alpoim, oblique launch, historical contextualization.

1. INTRODUÇÃO

A História da Matemática auxilia o professor no entendimento da matemática do passado e na construção de conhecimentos metodológicos para a aplicação no ambiente educacional, além de aumentar sua cultura geral (Moray & Mendes, 2012).

A investigação sobre a origem das descobertas da matemática traz no seu bojo uma investigação epistemológica dos conceitos científicos e matemáticos propiciando interpretações múltiplas sobre eles, resgatando assim outras definições, métodos, técnicas e culturas distintas para a compreensão da matemática e do seu entorno social.

Das muitas possibilidades para ensinar a História da Matemática, o estudo de fontes originais é a que consome mais tempo e dedicação dos alunos (Jahnke *et.al*., 2002). Em muitos casos o entendimento de uma fonte primária exige um conhecimento detalhado do contexto histórico em que foi escrita a obra e um profundo entendimento sobre os conceitos e fórmulas usadas naquele período. O estudo de documentos históricos requer um esforço mental grandioso porque é preciso olhar a fonte primária com as lentes da época, evitando assim anacronismos.

Os documentos históricos que registravam as práticas científicas no Brasil colonial, por exemplo, foram interpretados de maneiras distintas pelos historiadores das ciências ao longo do século XX.

Durante muito tempo as atividades científicas no Brasil colonial eram consideradas incipientes por muitos historiadores, como Carlos Euler, Fernando Azevedo, Simon Schwartzman, dentre outros (Vergara, 2004). Conforme descreve Vergara (2004), para esses historiadores, um dos motivos da ausência dessas atividades no Brasil colonial era devido ao apego pela religião que pregava um pensamento contrário ao método científico e a crença numa filosofia tomista[1].

Outro aspecto apontado pela autora, como principal entrave ao desenvolvimento científico do Brasil nesse período eram as características da elite intelectual brasileira, caracterizada pelo "gosto da retórica e da erudição livresca, a superficialidade mal dissimulada na pompa verbal, a unilateralidade de visão e o diletantismo que leva o indivíduo a passear por todas as questões sem aprofundar em nenhuma delas" (Azevedo, 1994, p.37). Assim, de acordo com essa interpretação historiográfica, os intelectuais dessa época se dedicavam à leitura e produção de obras literárias e à participação em atividades políticas, uma vez que, a realização de atividades manuais era executada pelos escravos. Para esses intelectuais, que eram representados pela elite das grandes lavouras canavieiras no Brasil:

"o uso das mãos, a não ser por coisas estritamente necessárias, degradava a dignidade do ser humano [...] e, o "brilho da retórica significava a preponderância de seu ponto de vista nas discussões políticas e comerciais [...] (Motoyama, 2004, p.92)". Dessa forma, sob essas lentes, as atividades científicas que envolviam o manuseio de instrumentos ficaram em segundo plano.

No entanto, a partir da década de 1980 do século passado ganha força uma nova interpretação da historiografia contemporânea do Brasil, o que traz no seu cerne, a história das instituições científicas no país. Para Vergara (2004, p.22) "a reflexão sobre a história das instituições científicas se caracteriza por uma abordagem hermenêutica, na qual postula que a atividade científica é uma das vias para a compreensão das relações sociais e culturais". Ainda segundo a autora, o principal objetivo dessa nova corrente historiográfica é a valorização da atividade científica no Brasil colonial.

Assim, Lopes (1997) através do livro *O Brasil descobre a pesquisa científica* nos ensinou que Portugal enviou um conjunto de funcionários para a colônia para atender aos seus anseios, oferecendo condições para o desenvolvimento de atividades científicas (Lopes, 1997). Além

[1] "[...] se caracterizava pela tentativa de conciliar o aristotelismo com o cristianismo, dando pouca atenção às ciências da natureza, como já ocorrera na América espanhola." (Vergara, 2004, p.23)

disso, estrangeiros de outras nacionalidades realizaram seus experimentos no Brasil Colônia com o objetivo de verificar suas teorias. Um destes estrangeiros foi o francês Pierre Couplet que realizou uma expedição à Paraíba com o objetivo de realizar experimentos de física para verificar o formato da Terra.[2]

Existia uma controvérsia em relação ao formato da Terra. Os defensores da teoria newtoniana acreditavam que a Terra era achatada nos polos e, dilatada no Equador. Já os franceses, acreditavam no contrário, ou seja, a Terra era alongada nos polos. Os experimentos de Couplet realizados no Brasil auxiliaram na verificação da versão inglesa do formato da Terra.

Para Santos Neto (2007, p.6), compreender a ciência no Brasil contribui para o reconhecimento da importância do país na produção e desenvolvimento do conhecimento científico universal, como uma ampla rede social. O autor, complementa ainda:

> A ausência de um recorte nas questões que relacionam a cultura científica do país no ensino da física, poderá contribuir para que a ciência no país seja percebida pelos cidadãos como desligada das necessidades e questões sociais do país. As pesquisas podem vir a ser percebidas pelos cidadãos como desnecessárias e sem tanto valor. Com isso, as instituições científicas podem vir a ter dificuldade no futuro de se justificarem e obterem da sociedade e do poder público os recursos e a liberdade de ação necessários para uma busca "desinteressada" e livre do conhecimento científico, bem como contribuir para uma menor valorização no que diz respeito à importância do país na produção e desenvolvimento do conhecimento científico universal (Santos Neto 2007, p.6)

Buscando resgatar a construção do conhecimento científico no Brasil, propõe-se investigar a construção do conhecimento de matemática pelos alunos de uma turma de um curso de licenciatura em matemática sobre um excerto de fonte primária escrito pelo português militar José Fernandes Pinto Alpoim, no qual ensina aos soldados brasileiros a técnica para lançar bombas contra os inimigos estrangeiros que pretendiam explorar os minérios na terra verde - amarela. Igualmente, este trabalho procura ampliar o horizonte dos alunos, mostrando para eles a importância da contextualização social, política e econômica para uma compreensão mais abrangente da ciência.

Especificamente, pretende-se responder a duas questões: a) Qual a importância da contextualização histórica dos conteúdos de matemática para os alunos da educação básica na visão de uma turma de licenciatura em matemática? b) O uso de trechos de uma fonte primária sobre lançamento oblíquo é eficaz para a apropriação de conceitos matemáticos?

A seguir apresentamos o quadro teórico que balizou nossa pesquisa

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Modelo de ensino investigativo

O modelo investigativo propõe um ensino no qual tanto alunos quanto professores exercem um papel ativo. Enfatizam-se as situações-problema que exigem dos alunos posturas investigativas, nas quais, devem elaborar hipóteses e propor soluções. As atividades são contextualizadas, com temas socialmente relevantes e com incentivo da atuação dos estudantes. No modelo investigativo procura-se identificar as dificuldades dos alunos e promover reflexões

[2] Ver: Moreira, I. C. (1991). A expedição de Couplet à Paraíba-1698. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, 5, 23-31.

sobre a construção dos conhecimentos dos estudantes “numa direção que conduza para uma visão mais complexa e crítica da realidade”, servindo de fundamentação para a participação social responsável (García Pérez, 2000, p. 7)

Para Porlán e Rivero (1998), o processo de formação de professores de ciências deve se guiar por hipóteses de progressão, ou seja, devem estar centradas em estratégias que favoreçam a construção dos conhecimentos profissionais docentes, a fim de que possa ocorrer uma mudança concreta da prática dos professores.

Segundo esses autores, esse conhecimento é constituído pelo conjunto de crenças, conhecimentos específicos, rotinas e técnicas que, na sua forma desejável, envolveria a integração dessas dimensões de forma complexa, crítica, evolutiva e investigativa em sala de aula.

2.2. Ensinando com fonte primária

Até o momento não existe um consenso sobre as estratégias didáticas para o ensino através de fontes primárias. Todavia, Jahnke *et. al.* (2002) traça um panorama de algumas dessas estratégias que podem ser apropriadas ou adaptadas pelos professores tanto no âmbito da formação inicial como na continuada. Entendemos que elas não constituem estratégias isoladas, pelo contrário, são complementares e podem ser utilizadas simultaneamente na sala de aula.

A primeira estratégia está relacionada com a forma de iniciar os trabalhos com a fonte histórica. A introdução de um material original na sala de aula pode acontecer direta e/ou indiretamente. A abordagem direta consiste em aplicar a fonte primária aos alunos sem adaptações ou atividades *a priori*. Tem como objetivo provocar um choque nos estudantes, através da percepção da diferença entre a concepção moderna do assunto e o ponto de vista expressado na fonte. Após a leitura da fonte primária, os estudantes podem elaborar questionamentos sobre a fonte ou responderem outras, propostas pelo professor.

A abordagem indireta é uma situação em que a consulta da fonte primária é realizada após os alunos realizarem algumas atividades prévias. O professor apresenta para os estudantes um problema, para atiçar a curiosidade deles e verificar a necessidade de um estudo aprofundado do assunto. Jhanke *et. al.* (2002) define três tipos de estratégias indiretas:

a) O professor inicia a aula mostrando como a matemática se conecta com a sociedade de determinada época e, em seguida, aponta os nomes dos matemáticos que se destacaram no período. Os estudantes destacam um ou mais autores e tentam reunir as informações disponíveis sobre eles. Em seguida o professor apresenta o excerto da fonte primária e recolhe os dados para a análise.

b) O professor escolhe um tema no livro texto usado em classe e analisa a sua abordagem. Em seguida o professor apresenta outros textos, ou excertos de um livro antigo, para analisar e comparar com o atual. Isso pode aguçar a curiosidade dos estudantes, e talvez aflore o desejo de descobrir quem introduziu o conceito ou teoria e quem formulou ou resolveu o problema proposto no excerto. Depois, o texto original aparece de maneira natural e é trabalhado de forma mais aprofundado na sala de aula.

c) O professor elabora uma síntese da obra original e a apresenta aos seus alunos antes que eles tenham contato com a fonte primária. O professor esboça os antecedentes históricos, comenta as dificuldades, características especiais e os objetivos do texto em questão. Alternando em diferentes contextos ou diferentes partes de um mesmo texto, o professor fornece uma síntese do texto já tratado e introduz os subsequentes. Esta apresentação não pode ser longa; deve ser de apenas alguns minutos.

A segunda estratégia está relacionada com a forma de discussão de textos históricos na sala de aula. Algumas vezes, a discussão deveria ser conduzida através de questões propostas pelos professores. Outras vezes parece mais adequado deixar os estudantes encontrarem as respostas

corretas. Um aspecto importante é encontrar questões sutis para que os estudantes fiquem imersos no contexto histórico do texto estudado.

Alguns textos precisam ser modificados ou traduzidos e adaptados para o contexto geral no qual eles serão introduzidos. Ao mesmo tempo, eles devem ser alterados de tal modo que permita os estudantes estudá-los de forma aprofundada sempre respeitando o pensamento original do autor.

Frequentemente a discussão de textos históricos na sala de aula propicia debates cognitivos, que são discussões no qual os estudantes são convidados para expressar seus pontos de vistas sobre um conceito, relevância ou validade de um método (Janke, *et.al.,* 2002, p.315)

A terceira estratégia que pode ser utilizada na sala de aula de matemática é a construção de instrumentos históricos de medida. A humanidade está sempre preocupada em medir quantidades físicas ou matemáticas. A história das ciências, em particular, a dos instrumentos, podem servir de inspiração para os estudantes construírem seus próprios instrumentos de medida.

A quarta estratégia consiste na verbalização. Jahnke *et.al.* (2002) indica que verbalizar sobre seu próprio raciocínio pode aproximar o estudante do raciocínio matemático do autor da fonte primária. Ainda de acordo com Jahnke *et.al* (2002), explanar sobre o assunto fazem os estudantes prestarem mais atenção aos textos ou teoremas originais.

A quinta estratégia está relacionada com a tradução dos excertos da fonte primária. A tradução de uma obra original destina-se à familiarizar os alunos e professores com o pensamento e a concepção dos matemáticos no que diz respeito ao raciocínio matemático e conceitos. Existem pelo menos dois tipos de tradução: tradução em linguagem matemática moderna (reconstrução de argumentos matemáticos) e tradução de um idioma para outro que seja conhecido dos alunos.

A sexta estratégia consiste na validação do raciocínio. Durante o seu primeiro estudo de trabalho histórico, estudantes e professores iniciantes podem se deparar com a valoração do raciocínio matemático encontrado nos textos históricos, especialmente se eles estão acostumados com o louvor contínuo do progresso matemático recente. Essa atitude pode impedir os estudantes de perceber o potencial educacional e matemático contido nos raciocínios antigos.

Para mudar esta atitude, pode-se perguntar aos estudantes para validar o raciocínio do matemático antigo. Tal validação destina-se a demonstrar como são bem fundamentados os métodos usados na história, à luz dos mais elaborados conhecimentos matemáticos. Isso permite que os alunos reconheçam que raciocínio histórico possui o mesmo *status* do pensamento atual.

A sétima estratégia consiste na comparação de diferentes excertos, do mesmo período ou de diferentes períodos, tendo os mesmos objetos de análise ou não. A comparação entre textos históricos permite ao estudante perceber os registros dos símbolos da matemática descritos nos textos históricos. Isto ajuda os estudantes a focar suas atenções na essência da escrita da História da Matemática. A oitava estratégia está voltada a um trabalho de síntese da aula. Nesta etapa, o professor pode solicitar aos alunos que elaborem um resumo do que foi discutido na sala de aula.

Outro conjunto de estratégias para se trabalhar com fonte primária foi elaborado por Boss; Filho & Caluzi (2011). Este autor identifica algumas dificuldades dos licenciandos em física, quanto à leitura e entendimento das traduções de fonte primária. As etapas descritas pelos autores supracitados são constituídas por duas fases: a primeira consiste na seleção de dados para verificar quais as dificuldades de leitura e entendimento que graduandos em física reportariam ao lerem uma tradução de fonte primária. As etapas sugeridas para a coleta de dados dessa fase, nesta ordem é: a) leitura da tradução de fonte primária b) responder as perguntas (sem a tradução de fonte primária em mãos): Qual o assunto abordado na tradução

de fonte primária? O que foi compreendido sobre a leitura da tradução de fonte primária? A segunda fase consiste na aplicação de um excerto de fonte primária de duas formas distintas: a) sem figura e sem comentários b) com figuras e com comentários. Para cada forma distinta, os alunos deverão anotar em um caderno suas dificuldades de leitura, caso exista; as dificuldades de entendimento caso exista; apresentar sugestões para facilitar a leitura e o seu entendimento e explicar o que compreendeu do texto.

3. O CONTEXTO DA PESQUISA

3.1 O exame de bombeiro

Durante o Brasil colonial, no século XVIII, o sargento-mor português José Fernandes Pinto Alpoim (1695-1765) foi enviado ao Brasil em 1738 por D. João V, rei de Portugal (Piva, 2015). A missão do Brigadeiro Alpoim era intensificar o controle da entrada de estrangeiros na colônia portuguesa devido à descoberta do ouro no Brasil no fim do Século XVIII (Motoyama, 2004, p.99). Além dessa função, Alpoim era autor de livros e trabalhou como professor em terras brasileiras. Na época do Brasil colonial os intelectuais desempenhavam diversas funções sociais, sendo comum o acúmulo de cargos (Lafuente & Sala, 1989). Assim, Alpoim escreveu um livro, denominado "exame de bombeiros" para ensinar soldados brasileiros a se defenderem de possíveis invasores na terra verde-amarela.

O exame de bombeiro é constituído por dez tratados, ou capítulos[3]. O primeiro, sobre geometria; o segundo, trigonometria, o terceiro, longimetria (cálculo de medidas de distâncias); o quarto, altimetria (explica como encontrar ângulos de elevações), o quinto é denominado morteiro (espécie de canhão para arremessar granadas), o sexto, chamado de morteiro de pedreiro (canhão menos potente que o morteiro capaz de lançar também pedras e balas). O sétimo tratado é chamado de orbuz (tipo de canhão parecido com um morteiro). O oitavo, petardos (morteiro de mão); o nono, baterias (plataformas de lançamento de morteiros) e o décimo capítulo, apresentam a definição e as técnicas para se lançar os fogos de artifício.

O exame de bombeiro não era um livro teórico, pois continha apenas orientações simples e direta para o soldado usar em campos de batalhas sem muitas demonstrações.

O brigadeiro Alpoim, esteve no Brasil de 1738 a 1765 e lecionou na aula de fortificação e de Arquitetura Militar, no Rio de Janeiro (Motoyama, 2004, p.101). Segundo o autor através desse ensino, o Brasil tinha a intenção de se modernizar e adquirir uma aparência semelhante ao que vinha acontecendo na Europa. Entretanto a modernização não acontecia "de maneira linear nem pacífica diante da resistência dos indígenas e peculiaridades regionais do país, resultando em uma sociedade *sui generis*[4], com características tropicais em uma matriz européia" (Motoyama, 2004, p.101).

3.2 A escolha do excerto.

Escolheu-se o capítulo cinco do livro exame de bombeiro. Neste capítulo, Alpoim descreve a técnica para se calcular o alcance e o ângulo de lançamento de um projétil. Para Taveira, Barreiro & Bagnato (1992, p.76) "o estudo de lançamento de projéteis constitui uma parte importante do curso de mecânica onde as leis básicas da composição de movimentos ortogonais podem ser estudadas". O conteúdo lançamento de projéteis está presente nas grades curriculares da maioria dos cursos de ciências exatas do Brasil e possui na sua essência, elementos para explorar conteúdos de física e matemática. O excerto selecionado representa um ponto de partida para fomentar um diálogo entre os professores de física, matemática e

[3] Uma análise mais profícua desses tratados pode ser encontrada em Piva (2015)
[4] Original, peculiar, singular.

história porque, além de propiciar o entendimento da técnica de lançamento de bombas no século XVIII; possibilita a compreensão das consequências sociais, políticas e econômicas das guerras no Brasil colonial.

3.3 O excerto

A seguir apresenta-se o excerto extraído da obra do Brigadeiro Alpoim. Optou-se por deixar na linguagem antiga, porque esse trecho foi aplicado, inicialmente aos alunos, sem modificações. Abaixo dos trechos originais aparecem algumas explicações elaboradas pelos autores desse trabalho. No anexo 1 encontra-se esse trecho modificado por nós, a partir das sugestões apresentadas pelos alunos participantes da pesquisa.

Theorema:

> E se atirarem dous tiros com differentes grãos de elevação, e com a mesma carga, e bomba: haverá a mesma razão do Seno duplo do ângulo da primeira elevação, para o Seno duplo do ângulo da Segunda; como o Alcance da primeira bomba, para o alcance da Segunda; e viceversa: assim se há o primeiro alcance dado, para o Segundo; como o Seno duplo do ângulo da primeira elevação para o Seno duplo do ângulo da segunda (Alpoim, 1748, p.187).

Alpoim traz exemplos para explicar esse teorema:

Exemplo literal: (acompanhe com a figura 1)

> Seja o ângulo ABC, o da primeira elevação, e o ângulo DBE, o da segunda: BC a distância da primeira, e BE, a distância da segunda; IX, o Seno duplo do angulo da primeira elevação, FG, o Seno duplo do angulo da segunda; o ângulo ABC, he igual ao ângulo BRX; e o ângulo DBE, igual ao ângulo BRG. Eucl. 20, e 32.3. (Alpoim, 1748, p.187)
>
> Supposto isto: haverá a mesma razão do Seno duplo IX, do ângulo ABC, da primeira elevação, para o Seno duplo FG, do ângulo DBE, da segunda; como a primeira distância BC, para a segunda BE; e viceversa: assim se há a distância BC, da primeira elevação, para a segunda BE; como o seno duplo IX, da primeira; para o Seno duplo FG, da segunda elevaçaõ, por serem triangulos proporcionais. Eucl. 4.6 (*Ibidem*).

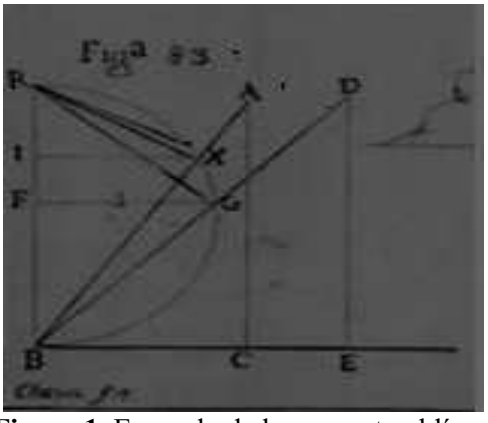


Figura 1. Exemplo de lançamento oblíquo
Fonte: Alpoim, 1748, p.492

3.4 Exemplo numérico

"Suponhamos, que se apontou o Morteiro por 15º, e alcançou a bomba, 100 braças[5]; quero agora deitar outra bomba a 200 braça; para o que é necessário, hir buscar o ângulo de elevação, que devo dar ao Morteiro, para arrojar a bomba às ditas 200 braças" (ALPOIM, 1748, p.187).

"Armando a regra de trez, direy. Assim se há 100 braças, alcance da primeira bomba, para 200, alcance da segunda; como 5000 alcance da Taboada em frente de 15º, para o que sabir, como se 100, dá 200; 5000 que dará?" (*Ibidem*).

Alpoim apresenta a solução desse exemplo numérico:

"Multiplicando o segundo, pelo terceiro, produz 1000000, que repartidos, pelo primeiro, sahe no quociente 10000, a que a taboada correspondem 45º; e tantos darei de elevação ao Morteiro, para arrojar a bomba a 200 braças".(*Ibidem*)

"Essa regra, he quando se dão duas distâncias, e um ângulo de elevação, e se vay buscar novo angulo, sendo as bombas semelhantes e igualmente pezadas, e o Morteiro carregado da mesma sorte, e com a mesma carga." (*Ibidem*)

Em linguagem matemática atual, mas respeitando as terminologias da época temos:

$$\frac{IX}{FG} = \frac{BC}{BE} \rightarrow$$

$$\frac{5000}{FG} = \frac{100}{200} \rightarrow$$

$$200.5000 = 100.FG \rightarrow FG = 10000$$

Consultando a tabela de Galileu, notamos que o valor 100000 corresponde ao seno de 90º[6]. Assim 10.000 é o seno duplo do ângulo de lançamento do projétil que atinge a distância de 200 braças. Logo o ângulo de lançamento do projétil para atingir essa última distância é 45º[7]

Esses exemplos mostram que o autor já abordava os conceitos físicos envolvidos no lançados de projéteis e estudados por Galileu no século XVII. Ou seja, Alpoim sabia que a trajetória descrita por uma granada lançada obliquamente era uma parábola, concordando assim o pensamente dos geômetras da época:

"[...] Os geômetras sabem muito bem esta verdade; porque todos conhecem, e é he commum, que as bombas descrevem huma linha Parabólica" (Alpoim, 1748, p.187).

É importante salientar que em meados do século XVIII a geometria analítica ainda não tinha se desenvolvido. Assim, o cálculo de alcances e ângulos de lançamentos das granadas era feito considerando a geometria euclidiana.

4. METODOLOGIA

Segundo Boldan & Biklen (1994) a pesquisa qualitativa envolve a obtenção de dados descritivos, obtido no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes. Esta é uma pesquisa de cunho qualitativo pois procura-se investigar a construção dos conhecimentos dos licenciandos em matemática através das respostas obtidas com o auxílio de questionários abertos.

Ancora-se no modelo de ensino investigativo proposto por Porlán e Rivero (1998) para o planejamento das atividades que compõem a metodologia dessa pesquisa. A execução da pesquisa foi conduzida pelas estratégias para ensinar com fonte primária, descritas Jahnke *et.al.*

[5] No sistema internacional 1 braça= 1,83m

[6] Na tabela de Galileu não aparecem números decimais. Assim, modernamente o número 10000 corresponde ao número 1 (sen 90º). Pelo mesmo raciocínio, o número 5000 corresponde ao número 0,5 (sen 30º).

[7] Atualmente o ângulo de lançamento de um projétil (θ) pode ser calculado pela fórmula , onde A e v_0 representam, respectivamente, o alcance e a velocidade inicial do projétil e, g representa a aceleração da gravidade (próximo à superfície da Terra corresponde à 9,8m/ s^2).

(2002) e Boss; Filho & Caluzi (2011). A análise das respostas dos alunos está embasada em D'Ambrosio (1996) e Farago (2003).

Realizou-se a pesquisa no primeiro semestre de 2017, teve duração de quatro semanas, totalizando 8 aulas de 50 min cada. Participaram da pesquisa 15 alunos do 3º período do curso de licenciatura em matemática, matriculados na disciplina História da Matemática em uma Instituição Federal de Ensino. Essa pesquisa foi planejada por três professores, um de física, um de matemática e um de história.

A escolha da turma se deu devido à facilidade de acesso dos pesquisadores porque um dos autores lecionava a disciplina História da Matemática para o público alvo.

4.1. Descrição das aulas

Na primeira aula, embasados na abordagem indireta proposta por Jahnke (2002), solicitou-se a um professor de história que realizasse uma explanação sobre a biografia do Brigadeiro Alpoim para o entendimento da contextualização histórica do personagem. Em seguida, pedimos aos alunos que respondessem sobre a importância da contextualização histórica dos conteúdos de matemática para os alunos da educação básica.

Na segunda aula, ainda segundo as diretrizes de Jahnke (2002), os professores de física e matemática explicaram sobre a relevância da obra Exame de Bombeiro escrita pelo Brigadeiro Alpoim para o ensino de matemática do século XVIII.

Nas terceira e quarta aulas, o professor de física apresentou a fonte primária do excerto original aos alunos sugerindo que os mesmos identificassem o assunto abordado no texto, possíveis dificuldades de leitura e entendimento e qual era a sugestão para melhorar a leitura e o entendimento do excerto. Nessa etapa os estudantes são convidados a participarem do planejamento das atividades deixando de ser apenas receptor das ideias dos pesquisadores.

Nas quinta e sexta aulas a professora de matemática explicou aos alunos os conceitos matemáticos descritos no excerto do século XVIII.

Na sétima aula os professores de matemática e física entregaram aos alunos o excerto modificado (ver anexo 1) de acordo as sugestões apresentadas por eles nas terceira e quarta aulas. Procurou-se verificar se os alunos conseguiriam resolver o problema proposto por Alpoim: ou seja, desejava-se saber se os alunos conseguiriam estabelecer relações de semelhança entre triângulos e determinar o ângulo de lançamento do morteiro com a horizontal.

Na oitava aula, o professor de física demonstrou a fórmula do alcance máximo para o lançamento oblíquo de um projétil utilizando a linguagem vetorial, aceita atualmente. Nesta etapa realizou-se, também, uma simulação sobre o lançamento oblíquo e visualizou-se o maior ângulo no qual um projétil atinge o alcance máximo.

A seguir apresenta-se os resultados e discussão do trabalho. Como forma de garantir o anonimato dos participantes representa-se apenas as iniciais dos nomes dos licenciandos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após explanação do cenário histórico vivido no século XVIII pelo Brigadeiro Alpoim, licenciandos em matemática expuseram, por intermédio de um questionário aberto, suas opiniões/entendimento sobre o tema da investigação.

Na questão "qual a importância da contextualização histórica dos conteúdos de matemática para os alunos da Educação Básica?", alguns discentes escreveram as seguintes respostas: "[...] interdisciplinaridade entre matérias além de despertar maior interesse do aluno, e importante para que ele interprete melhor sobre o assunto, além de resolver possíveis dúvidas"(ACM).

> [...] é importante essa contextualização para que o aluno possa visualizar a necessidade pela qual mobilizou a criação de determinado conteúdo. Se o

> discente compreender o contexto, dificilmente não entenderá a matéria, pois esses conhecimentos prévios servirão de base (LRR).

De acordo com as escritas desses sujeitos, contextualizar os conteúdos de matemática possibilitará um trabalho conjunto entre a história e a matemática, possibilitando que o discente da educação básica fique interessado em compreender o assunto de matemática abordado e o cenário histórico em que as fórmulas foram generalizadas e sintetizadas.

Conforme afirma D'Ambrosio (1996), a história nos dias atuais aparece como um elemento motivador muito importante, pois está cada vez mais difícil motivar estudantes quando se ensina a matemática como se fosse uma ciência estática.

Outros licenciandos apresentaram de forma semelhante, e quase unânime, outros motivos para a importância da contextualização histórica dos conteúdos: "[...] para fundamentar e significar os estudos matemáticos, ou seja, para que os alunos entendam o porquê e para que eles foram criados, dentro das necessidades do seu tempo e como ele se torna atemporal e fundamental nos dias de hoje." (FS). "[...] conhecer o contexto histórico é de fundamental importância para o aluno, pois assim o aluno consegue compreender a época que aquele matemático viveu, suas dificuldades e influências, e como essas características está inserida em suas obras e experiências." (JAL). "[...] porque assim os alunos da Educação Básica entendem de forma mais fácil como ou porque esse conteúdo matemático foi desenvolvido, e entendem também como esse conteúdo pode ser posto em prática na sua vida" (VGOS). "Para fundamentar e explicar de onde vieram os teoremas e as fórmulas e como utilizá-las (LA)".

> [...] quando o aluno da educação básica aprende o contexto que levou alguém a criar aquela fórmula ou cálculo, ele passa a entender a sua importância, pois ele observa que mesmo tal conteúdo não sendo 100% útil em seu cotidiano, em uma determinada época passada foi fundamental para uma sociedade, sendo isso, algo importante e interessante de ser aprendido (IBS).
> [...] a contextualização histórica serve para dar sentido ao que o aluno está estudando, conhecer a cultura, economia e necessidades do momento histórico torna mais compreensivo o conteúdo matemático. Os professores, às vezes, não conseguem explicar "pra que" estudar certo assunto, mas ele pode explicar "o porquê" o aluno está estudando algo tão antigo (GGS).
> [...] a contextualização histórica dos conteúdos de matemática torna-se importante, pois desperta o interesse do aluno com a matéria a ser ministrada, já que dessa forma é possível explicar como surgiu determinada equação e para que ela serve. Levando o aluno a entender melhor e dar um sentido ao conteúdo explicado, melhorando o aprendizado (FF).

As respostas dos alunos corroboram o pensamento de D'Ambrosio (1996) em suas discussões sobre a História da Matemática e o seu ensino. Segundo o autor, "a História da Matemática é um elemento fundamental para se perceber como teorias e práticas matemáticas foram criadas, desenvolvidas e utilizadas num contexto específico de sua época" (D' AMBROSIO, 1996, p.29-30)

Da mesma forma, conforme Farago (2003), quando se é conhecido a origem da concepção de certos conceitos, também será possível entender as razões de tais concepções e, assim, humanizar a matemática.

> A História da Matemática constitui um dos capítulos mais interessantes do conhecimento. Permite compreender a origem das ideias que deram forma à nossa cultura e observar também os aspectos humanos do seu desenvolvimento: enxergar os homens que criaram essas ideias e estudar as

> circunstâncias em que elas se desenvolveram. Assim, esta História é um valioso instrumento para o ensino-aprendizado da própria Matemática. Podemos entender por que cada conceito foi introduzido nesta ciência e por que, no fundo, ele sempre era algo natural no seu momento (Farago, 2003, p. 17).

Dessa forma percebe-se que a matemática não deve ser encarada como uma ciência auto-suficiente e sim como uma atividade humana, cultural e revestida de significados.

Em outro momento, foi apresentado aos alunos da licenciatura de matemática o excerto do livro Exame de Bombeiro, escrito pelo Brigadeiro Alpoim no século XVIII. Após a leitura, os graduandos responderam algumas questões.

A primeira questão solicitava para que eles identificassem o assunto tratado no excerto, para o qual foram obtidas as seguintes respostas: "[...] o assunto tratado é sobre como lançar corretamente uma bomba para que a mesma alcance o alvo" (WBS). "[...] cálculos de elevação para um tiro perfeito" (FS). "[...] tiro no morteiro com inclinação em um determinado ângulo que atinge certa distância, usando razões dos tiros para distância" (JAL). "[...] lançamento de duas bombas, seus ângulos, distância." (LA). "[...] o assunto é sobre a relação entre dois tiros disparados a graus diferentes, quanto à distância percorrida pela primeira e a segunda bala, e também a razão do seno duplo da primeira bala, pelo seno duplo da segunda bala" (VGOS). "[...] ensinamento de angulação de canhões para atingir determinadas distâncias" (FF).

Verificou-se que os alunos compreenderam, com visões distintas, o assunto tratado no excerto. Alguns perceberam que se tratava de um problema sobre cálculo de distância, em que envolvia saber o grau de elevação de um morteiro para atingir um determinado alcance da bomba. Assim, percebemos ser importante que o professor de matemática seja capaz de interpretar a fonte primária que irá utilizar como recurso da História da Matemática, pois o uso incorreto desse método poderá provocar mais dúvidas e questionamentos nos alunos com relação aos motivos de se estudar tal conteúdo.

A segunda questão versava sobre as possíveis dificuldades de leitura e entendimento do excerto. Mostramos abaixo, algumas respostas extraídas do corpus da nossa pesquisa: "[...] a forma que o texto se encontra escrito, ou seja, sua versão original que não é o mesmo da atual ortografia vigente no país" (FS). "[...] linguagem confusa e mal organizada, e a gramática muito diferente. (JAL)" "[...] algumas pessoas não sabem alguns dos significados das palavras, como, por exemplo, 200 braças" (WMS).

Os relatos dos graduandos evidenciam uma dificuldade de entendimento da língua portuguesa do século XVIII e o significado da unidade de comprimento de uma unidade de comprimento. No sistema internacional, uma braça equivale à aproximadamente 1,8m.

A fim de complementar a questão anterior, os discentes da licenciatura relataram sugestões para melhorar sua leitura e entendimento da fonte primária na investigação: "[...] exemplos de utilização prática durante a explicação, para facilitar o entendimento do aluno quanto ao conteúdo que está sendo estudado, adaptação (simplificação) do texto [...]"(VGOS). "[...] texto na ortografia vigente no país, buscando associar as palavras que caíram em desuso, por significado, as respectivas palavras de hoje" (FS). "[...] atualizar a gramática, ou seja, escrever com a ortografia atual da língua portuguesa; organizar as ideias; usar contexto da atualidade nas explicações, exemplos e exercícios". (JAL), "[...] explicar de forma lúdica, que qualquer pessoa possa ler e entender só em ler". (WMSS). "[...] escrever de acordo com a língua portuguesa do Brasil" (FF). "[...] apresentar um exemplo com linguagem cotidiana e usando recursos visuais, que possam interferir no intelecto para melhor compreensão, leitura e absorção do conteúdo" (JAL). "[...] utilizar o texto em linguagem coloquial e atual". (ACM). "[...] utilizar uma linguagem mais atual e simples. Utilizar as figuras de forma mais explicativa e com mais exemplos, figuras facilitam bastante o entendimento" (AMAD). "[...] compreender

os conteúdos matemáticos; tentar retirar os dados sem se prender ao texto em si; tentar interpretar as palavras desconhecidas visualizando-a no contexto do livro; pesquisar em meios eletrônicos os significados das palavras [...]" (LRR).

Verificou-se que alguns alunos opinaram sobre usar uma escrita na linguagem atual e do país, outros sugeriram o uso de recursos visuais e, ainda, demonstração prática durante o uso da fonte primária.

Os graduandos pontuaram ainda que o pesquisador poderia apresentar a fonte primária concomitantemente à sua uma tradução com linguagem atual, com a utilização de imagens, além de exemplos para contribuir na leitura e compreensão do texto. Outra proposta é de retirar dados do texto na medida em que se consegue entender a situação e realizar pesquisas de vocabulário.

Nos relatos, eles demonstraram que utilizar fontes primárias como recurso da História da Matemática é algo que poderá ser profícuo, caso os alunos tenham em mãos a fonte primária e uma cópia com sua escrita na linguagem atual. Assim, a introdução de conteúdos matemáticos relatando sua utilização no passado, poderá mobilizar os estudantes, fazendo-os terem interesse pela origem e a história daquilo que ele irá aprender em sala de aula, vendo sua importância na época de sua criação.

Após análise das sugestões apresentadas pelos graduandos, entregou-se a eles o excerto modificado de acordo com as propostas fornecidas pelos mesmos (anexo 1). Estavam frequentes e realizaram essa atividade doze dos quinze alunos participantes da pesquisa.

O uso de trechos de uma fonte primária sobre lançamento oblíquo foi totalmente eficaz para três alunos da turma, porque eles utilizaram semelhança de triângulo e o teorema de Tales para encontrar a relação entre as distâncias IX, FG, BC e BE. Além disso, eles conseguiram aplicar tal relação para encontrar o ângulo máximo de lançamento do morteiro para atingir o maior alcance possível. A figura 2 ilustra a resolução de um deles:

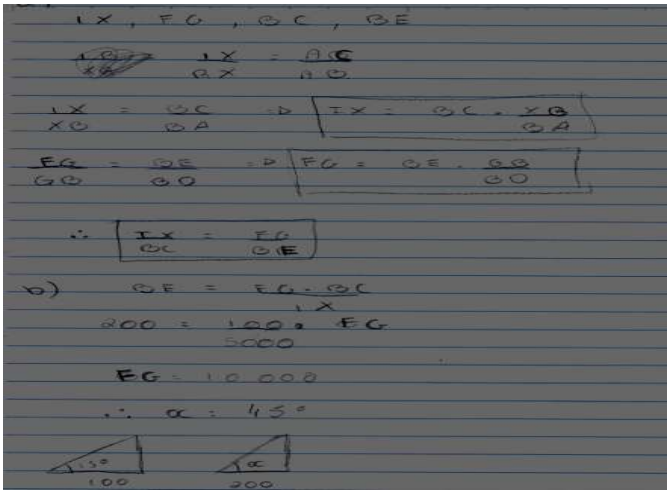


Figura 2. Resolução das questões propostas no excerto
Fonte: dados da pesquisa**,** 2017

O uso de trechos de uma fonte primária sobre lançamento oblíquo foi parcialmente eficaz para quatro alunos da turma porque eles acertaram a letra a da questão proposta, porém, se equivocaram na resolução da letra b, encontrando um ângulo de lançamento de 7,5º. Isto aconteceu porque eles consideraram IX=15º ao invés de 5000 (conforme tabela de Galileu) e atribuíram BC=200 braças e BE=100 braças ao invés de BC=100 braças e BE=200 braças.

Os outros cinco estudantes se equivocaram ao responder as questões propostas no anexo1. Especificamente para esses alunos houve dúvidas com relação alguns termos e

símbolos que apareciam no texto, como: o significado do símbolo de semelhança (~); o que é relação; se ângulo oblíquo é menor que ângulo de 90º.

6. CONCLUSÃO

Os licenciandos em matemática evidenciaram nas suas respostas, a necessidade de articulação dos conceitos matemáticos com o contexto histórico em que foram produzidos, com o intuito de despertar o interesse em matemática dos estudantes da educação básica e, oferecer um caminho a tais alunos para conhecer a cultura e a economia da época correspondente à generalização e sintetização das fórmulas.

Os licenciandos participaram ativamente do processo de planejamento e execução da atividade ao sugerir as mudanças no texto original, como atualização dos termos e inserção de figuras como forma de deixar o texto mais inteligível. Tanto a postura ativa dos alunos como a flexibilidade dos professores-pesquisadores ao permitir a interferência dos estudantes no planejamento de ensino, são coerentes com a concepção de ensino investigativo.

A troca de ideias entre os estudantes para resolver o problema proposto por Alpoim também foi um momento muito rico na sala de aula. Os alunos compartilharam entre si suas dúvidas, um aluno ajudava e explicava ao colega o que havia entendido.

O uso de trechos de uma fonte primária sobre lançamento oblíquo foi eficaz para a maioria dos alunos incorporarem as relações de semelhança em triângulos e também o teorema de Tales. No entanto apenas três, dos doze alunos conseguiram determinar o ângulo de lançamento máximo utilizando a matemática descrita por Alpoim. Isso permite dizer que ainda existem desafios a serem superados quando se utiliza abordagens didáticas de fontes primárias. Talvez, uma alternativa para melhorar o rendimento dos alunos seria associar a leitura de fontes primárias com experimentos históricos como elemento motivador para ensinar a matemática e outras ciências.

Ao apresentar aos alunos a demonstração da fórmula do alcance máximo à luz dos conceitos vigentes, reforçamos também a importância da técnica utilizada por Alpoim, que utilizando semelhança de triângulos para o cálculo do alcance das bombas, obteve o resultado idêntico para o cálculo do maior ângulo para se atingir o alcance máximo. Este procedimento permitiu uma valoração do raciocínio matemático antigo.

Durante as aulas, os alunos sugeriram apresentar o conteúdo de forma lúdica e usar recursos visuais. Então, mostramos uma simulação desenvolvida pela Universidade Colorado[8] sobre o lançamento oblíquo. Tal simulação evidenciava que o alcance máximo de um projétil ocorre para ângulo de 45º. Entendemos que essa atividade pode levar o aluno a compreender o caráter evolucionário da ciência, levando-o a compreender a dinâmica do conhecimento científico.

Não foi o foco dessa pesquisa, verificar o entendimento dos aspectos da natureza da ciência, porém ao trabalhar o contexto histórico que foi produzido a obra "Exame de Bombeiro", ficou implícita a dependência do conhecimento científico com o cenário social, político e econômico que as guerras podem suscitar.

Por fim, trabalhar com episódios históricos dentro da disciplina História da Matemática parece ser um caminho viável para facilitar o processo de ensino-aprendizagem, desde que sejam feitos ajustes na fonte primária.

Espera-se que outros trabalhos com fontes primárias sejam desenvolvidos com outros públicos em outros contextos.

REFERÊNCIAS

[8] https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion

Alpoim**,** J. F.P. (1748). *Exame de Bombeiro*. Madrid, en la Officina de Francisco Martinez Abad Disponível em < http://docvirt.com/docreader.net/DocReader.aspx?bib=livrosmp&pagfis=5694>. Último acesso em 20 jan. 2016.

Azevedo, F. (1994). *As Ciências no Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Ufrj.

Bogdan, R & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 167p.

Boss, S.L.; Filho, M.P & Caluzi, J. J. (2011) Traduções de fonte primária – algumas dificuldades quanto à leitura e o entendimento. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8, 2011, *Atas...* Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2011, p.1-13 Disponível em <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0441-1.pdf>. Acesso em 22 dez. 2014.

D'Ambrosio, U.(1996). *Educação Matemática: da teoria à prática.* Campinas, SP: Papirus.

García Pérez, F.F. (2000) Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. Biblio 3W. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona*., nº 207. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/39111055_Los_modelos_didacticos_como_instrumento_de_analisis_y_de_intervencion_en_la_realidad_educativa>, acessso em 29/10/2022

Farago, J.L. (2003). *Do ensino da História da Matemática à sua contextualização para uma aprendizagem significativa*. Dissertação de mestrado em engenharia de produção – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/16712.pdf:>. Acesso em: 23 jul. 2010.

Figueirôa, S. (1998). Mundialização da ciência e respostas locais: sobre a institucionalização das ciências naturais no Brasil. *Asclepio*, 2, 107-123.

Jahnke, H.N; *et. al*. (2002). The use of original sources in the mathematics classroom. In: FauveL, J.; Maanen, J.V. (orgs). *History in mathematics education*. 1ªed. New York/Boston/Dordrecht/London/Moscow: Kluwer Academic Publishers. cap 9, p.291-328.

Lafuente, A & Sala C, J. (1989). Ciencia colonial y roles profesionales en la America Española del siglo XVIII, *Quipu*, México, 6 (3), 387-403

Lopes, M.M. (1997). *O Brasil descobre a pesquisa científica*. São Paulo: Hucitec, p. 30.

Moray, B. & Mendes, M.J. (2012). O uso de fontes originais da história da ciência na formação do professor de matemática. *Em Teia–Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana*, 3(1), 1-17

Motoyama, S. (2004). Período Colonial: O Cruzeiro do Sul Na Terra do Pau Brasil. In:_____. *Prelúdio para uma História: Ciência e Tecnologia no Brasil***,** 1ª ed. São Carlos, SP: editora da Universidade de São Paulo. cap. 1, p.59-134

Piva, T.C.C. (2015). O Brigadeiro Alpoim: Um expoente do ensino técnico no Brasil colonial. *História da Ciência e Ensino- Construindo Interfaces*, 12 (especial).

Porlán, R. & Rivero, A. (1988). *El conocimento de los profesores*. Servilha: Díada, 213p.

Santos neto, E.R. (2007). *Física no Brasil para o ensino médio: uma abordagem para compreensão da ciência e da atividade científica***.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo.

Taveira, A.M.A; Barreiro, A.C.M & Bagnato; V.S. (1992). Simples demonstração do movimento de projéteis em sala de aula. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 9(1), 38-44,

Vergara, M. (2004). Ciência e modernidade no Brasil: a constituição de duas vertentes historiográficas da ciência no século XX. *Revista da SBHC*, Rio de Janeiro, 2(1), 22-31.

ANEXO- FONTE PRIMÁRIA MODIFICADA.
ENSINO DE EPISÓDIOS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO BRASIL COLONIAL: UMA EXPERIÊNCIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA

Data:___/___/____

Nome:_____

Atividade de sala de aula

Caro aluno,

Na aula anterior vocês apresentaram propostas para melhorar a sua leitura e entendimento de um excerto retirado do livro exame de bombeiro, escrito pelo Brigadeiro Alpoim no século XVIII. Tal excerto foi modificado de acordo com suas sugestões:

Exercício

A figura 3 mostra um morteiro (canhão ou "boca de fogo") acoplado a um transferidor de madeira ("esquadra directante").

A figura 4 mostra uma construção geométrica feita por Alpoim para calcular distâncias horizontais de granadas lançadas obliquamente por um morteiro. O primeiro ângulo de elevação do canhão é α (medido em relação à horizontal). A granada atinge um alvo a uma distância horizontal (alcance) BC. Utilizando o mesmo morteiro, com a mesma quantidade de pólvora, e variando o ângulo de elevação do canhão para β, também medido em relação à horizontal, verificamos que a bomba tem um novo alcance BE.

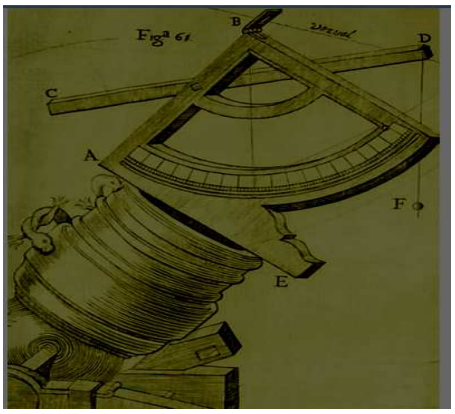


Figura 3. Morteiro acoplado à esquadra. Fonte: Alpoim, 1748.

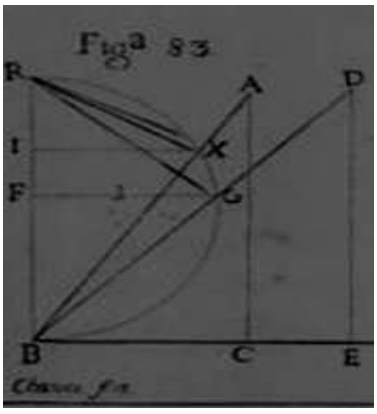


Figura 4. Construção geométrica por Alpoim para calcular alcances das granadas. Fonte: Alpoim, 1748.

Sabendo-se que o ângulo $A\hat{B}C$ é congruente aos ângulos $B\hat{R}X$ e o ângulo $D\hat{B}E$ é congruente ao ângulo $B\hat{R}G$, podemos afirmar que o $\Delta ABC \cong \Delta BRX$ e $\Delta DBE \cong \Delta BRG$. Alpoim utilizou o teorema de Tales para relacionar as distâncias IX, FG, BC e BE.

a) Encontre a relação entre IX, FG, BC e BE.
b) Uma granada atinge uma distância horizontal de 100 braças ao ser lançada de um Morteiro, que faz um ângulo de 15º com a horizontal. Determine o ângulo de lançamento do morteiro com a horizontal para que outra granada idêntica à anterior e,

Br. J. Ed., Tech. Soc., v.18, n.1, Jan-Mar, p.66-82, 2025
DOI http://dx.doi.org/10.14571/brajets.v18.n1.66-82
ISSN 2316-9907

lançada com a mesma quantidade de pólvora, atinja a distância de 200 braças. (dados: 1 braça= 1, 83m. Sugestão: consulte a tabela de Galileu).

Obs: Os números descritos na coluna da direita da tabela 1 são adimensionais e representam, segundo Alpoim, os valores dos senos duplos dos ângulos de elevação.

Br. J. Ed., Tech. Soc., v.18, n.1, Jan-Mar, p.66-82, 2025
DOI http://dx.doi.org/10.14571/brajets.v18.n1.66-82
ISSN 2316-9907