desenvolvimento curricular e didática

VII SIACTS

Eje 3
Formación del profesorado y CTS

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

Asas, vida e ar: a sustentação do ar no voo das aves e aeronaves e o aquecimento global

Wings, life and air: sustaining air in the flight of birds and aircraft and the global warming

Francisco Aparecido Cardeira
Professor da Escola Básica. Licenciado em Física e Ciências.
francisco_a_cardeira@yahoo.com.br
https://orcid.org/0000-0001-9172-0107

Thaís Cyrino de Mello Forato
Universidade Federal de São Paulo-Campus Diadema, Depto. de Ciências Exatas e da Terra
thais.unifesp@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1946-1806

Resumo:

O contexto global das alterações climáticas vem provocando elevação da temperatura atmosférica e diminuindo a densidade do ar, levando responsáveis pelo controle de tráfego aéreo dos aeroportos de Londres e Phoenix, a adotarem, como medida de segurança, a retirada alguns passageiros da aeronave (em 2013) e o cancelamento de alguns voos (em 2017). A importância da densidade do ar para o voo de uma ave e para um artifício1 imitá-la, já era destaque nas três características (asas, vida e ar) citadas por Bartolomeu Lourenço de Gusmão, em 1709. Tais fatos estruturam uma proposta relacionada às abordagens Ciência, Tecnologia e Sociedade e da História das Ciências a ser implementada na formação de professores de física e química, visando provocar reflexões e debates sobre a função social que as aeronaves desempenham hoje e como o aumento global da temperatura começa a interferir na locomoção aérea. Os licenciandos são provocados a estudarem a função do ar no voo da ave e na sustentação da aeronave; refletirem sobre o modelo econômico e social que estrutura o deslocamento de pessoas e produtos pelo Planeta; debaterem acerca de combustíveis fósseis e alternativos; revisarem conceitos científicos que fundamentam alternativas sustentáveis. Busca-se promover os objetivos formativos das abordagens CTS, além de permitir que os licenciandos se envolvam nessa vivência. Pretende-se que eles possam vivenciar possibilidades para sua futura prática profissional, antes de estudarem as fundamentações teóricas sobre o tema.

Palavras-chave: ensino de ciências; história das ciências; formação de professores; ciência, tecnologia e sociedade.

[1] Gusmão (1709) utilizava a palavra artifício para referir-se a qualquer recurso construído para imitar a ave.

desenvolvimento curricular e didática

VII SIACTS

Eje 3
Formación del profesorado y CTS

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

Abstract:

The global context of climate change has caused an increase in atmospheric temperature and a reduced air density, leading those responsible for air traffic control at London and Phoenix airports to adopt, as a security measure, the removal of some passengers from the aircraft (in 2013) and the cancellation of some flights (in 2017). The importance of air density for the flight of a bird and for an artifice to imitate it, was already highlighted in the three characteristics (wings, life and air) mentioned by Bartolomeu Lourenço de Gusmão, in 1709. Such facts structure a proposal related to the Science, Technology and Society and the History of Sciences approaches, to be implemented in the training of physics and chemistry teachers, aiming to provoke reflections and debates about the social function that aircraft play today and how the global temperature increase begins to interfere in aerial locomotion. The licensors are provoked to study the function of air in the flight of the bird and in the support of the aircraft; reflect on the economic and social model that structures the movement of people and products across the Planet; debate about fossil and alternative fuels; review scientific concepts that support sustainable alternatives. It seeks to promote the formative objectives of STS approaches, in addition to allowing undergraduate students to get involved in this experience. It is intended that they can experience possibilities for their future professional practice, before studying the theoretical foundations on the topic.

Keywords: science teaching; history of science; teacher training; science, technology and society.

Resumen:

El cambio climático ha provocado un aumento en la temperatura atmosférica del planeta, disminuyendo la densidad del aire; de esta forma, los responsables del control de tráfico aéreo en los aeropuertos de Londres y Phoenix han adoptado como medida de seguridad la retirada de algunos pasajeros del avión (en 2013) y la cancelación de algunos vuelos (en 2017). La importancia de la densidad del aire en el vuelo de un pájaro, así como en un artificio que lo imita, fue énfasis en las tres características (alas, vida y aire) mencionadas por Bartolomeu Lourenço de Gusmão, en 1709. Tales hechos estructuran una propuesta interdisciplinar, ciencia, tecnología, sociedad e historiográfica, que será implementado en la formación de profesores de física y química, para así originar debates y reflexiones sobre la función social que desempeñan los aviones y el impacto debido al aumento de la temperatura como factor de interferencia en la locomoción aérea; invitando a los participantes a: estudiar la función del aire en el vuelo de las aves y de las aeronaves; analizar el modelo socioeconómico que estructura el movimiento de personas y productos en todo el Planeta; debatir sobre combustibles fósiles y alternativos; revisar conceptos científicos que apoyan alternativas sostenibles. De esta forma, se busca promover los objetivos formativos de los enfoques CTS, además de permitir una inmersión a los estudiantes universitarios en esta experiencia y así puedan experimentar posibilidades para su futura práctica profesional, antes de estudiar los fundamentos teóricos sobre el tema.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias; historia de la ciencia; formación de profesores; ciencia, tecnología y sociedad.

desenvolvimento curricular e didática

VII SIACTS

Eje 3
Formación del profesorado y CTS

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

Introdução

Este texto apresenta uma proposta didática que busca agregar benefícios formativos oriundos de abordagens de episódios atuais e históricos envolvendo relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) (Acevedo-Díaz e García-Carmona, 2016; Conrado e El-Hani, 2010). Estruturada em três episódios distintos, interligados pela ideia central do tema navegação aérea e aquecimento global, a proposta envolve dois acontecimentos recentes e outro sobre princípios físicos da aviação propostos no início do século XVIII.

Tal proposta adota a perspectiva de que tanto as abordagens CTS quanto as da história das ciências[2] (HC) favorecem a compreensão de conceitos científicos, em uma perspectiva crítica de sua relação com a tecnologia e diversos setores da sociedade, assim como também contextualizam as discussões acerca da natureza das Ciências (NDC) (Acevedo-Díaz e García-Carmona, 2016). Ademais, essas estratégias didáticas podem oferecer episódios bem estruturados para exemplificar a transdiciplinaridade da ciência na vida humana e incentivar tal concepção na prática educativa de professores (D'Ambrósio, 2007). Desse modo, decidimos por agregar abordagens CTS e da HC de modo a fomentar, em nossos professores, uma formação reflexiva, crítica e libertadora conforme defende Freire (1996). Ademais, Oliveira e Queiroz (2015) argumentam que uma formação nesses moldes contribui para a promoção dos direitos humanos, um dos papeis da educação em ciências.

Este artigo busca apresentar a proposta didática desenvolvida, incluindo uma síntese do episódio histórico no século XVIII, as informações sobre os eventos recentes que envolvem o cancelamento de voos, assim como uma sugestão para a implementação de tais abordagens em sala de aula. Tal proposta objetiva permitir que os professores em formação vivenciem reflexões e debates sobre relações CTS, além dos benefícios formativos a ela intrínsecos. Entendemos que ao conhecer e discutir sobre esses episódios, os licenciandos compreenderão a inter e transdiciplinaridade envolvidas em problemas sociais complexos, aos quais estão intimamente relacionadas a aplicação da ciência e da tecnologia (D'Ambrósio, 2007; 2012). Tal vivência busca introduzir o tema CTS em uma disciplina, para depois iniciarmos o estudo de referencias teóricos sobre o tema. Acreditamos que agregar a experiência vivida e a fundamentação teórica pode oferecer subsídios para incentivar a implementação de abordagens CTS na futura prática profissional dos professores. Consideramos importante promover essa vivência, de modo a fomentar a consciência, buscando estruturar uma prática educativa engajada na transformação do mundo, na promoção de uma sociedade mais justa (Freire, 1996; Oliveira e Queiroz, 2016).

[2] Adotamos história das ciências (no plural) como reconhecimento de uma pluralidade metodológica contextualizada nas ciências teóricas e experimentais, ao longo da história das ciências (HC). Tais concepções podem ser encontradas também em Dominique Pestre (1996), para o termo ciências (no plural e minúscula), reconhecendo os diversos campos disciplinares, as suas práticas materiais e cognitivas múltiplas ao longo da história das ciências (Pestre, D. 1996). Por uma nova história social e cultural das ciências: novas definições, novos objetos, novas abordagens (*Cadernos IG/UNICAMP*, 1996. 6 (1): 3-56). Por razões de consistência, entendemos que o acrônico NDC refere-se à natureza das ciências.

desenvolvimento curricular e didática

VII SIACTS

Eje 3
Formación del profesorado y CTS

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

Apresentamos, a seguir, a contextualização dos episódios histórico e atuais, a perspectiva teórica que fundamenta o desenvolvimento da proposta, as metodologias envolvidas na pesquisa em fontes primárias e secundárias para fundamentar a narrativa histórica sobre o episódio, assim como fundamentos que norteiam a elaboração de propostas CTS, e, finalmente, a proposta didática que agrega CTS e HC. Finalizamos com reflexões acerca de princípios que as abordagens propostas da HC e CTS buscam fomentar.

Contextualização dos episódios envolvidos na proposta

A seleção dos episódios ocorridos recentemente, nos aeroportos de Londres, em 2013, e de dois Phoenix, em 2017, partiu, primeiramente, de fenômenos vinculados à realidade do mundo cotidiano, conforme descrevemos abaixo. A seguir, buscamos na HC as diferentes rotas de possíveis conexões com o tema (Hernandez, 2006), evitando o anacronismo e visando trazer mais um contexto exemplificando relações entre a ciência, as técnicas cogitadas em outra época e a sociedade de então (Forato et al., 2011). Localizamos a interessante história do Padre Bartolomeu de Gusmão. Os três episódios são descritos a seguir.

Um episódio recente ocorreu em Londres, em 2013, quando 15 passageiros foram retirados de um voo para Genebra, pois o avião foi considerado muito pesado para decolar. A companhia aérea associou o problema à recente onda de calor dificultando as decolagens das aeronaves.

> *"No domingo, 15 passageiros foram retirados de um voo suíço para Genebra depois que o avião foi considerado muito pesado para decolar. As companhias aéreas admitiram que seja um problema recorrente, que foi exacerbado pela recente onda de calor. A pista única de 4.900 pés da cidade de Londres é uma das menores do país, o que significa que muitos modelos de aeronaves maiores não podem usá-la. Em comparação, a pista de Gatwick tem 10.879 pés e a de Heathrow, 12.008 pés e 12.799 pés. Em clima quente, muitas vezes leva mais tempo para um avião decolar, o que significa - como foi o caso no domingo – que os passageiros podem precisar ser desembarcados para reduzir o peso da aeronave."*
> *"Devido às condições climáticas, o peso de decolagem da aeronave teve que ser reduzido por motivos de segurança", disse uma porta-voz da Swiss. "Em temperaturas muito altas, geralmente leva mais tempo até que a aeronave possa decolar e, como o Aeroporto da Cidade de Londres tem uma pista de pouso curta, o peso de decolagem precisa ser reduzido. O aeroporto de Genebra enfrentava fortes tempestades ao mesmo tempo, o que também afetou o peso da decolagem."* (Smith, 2013, s.p. tradução livre).

No outro episódio, em 2017, a *American Airlines* foi forçada a cancelar mais de 40 voos em Phoenix, devido às elevações da temperatura ambiente, em torno de 49°C, pois "estava simplesmente alta demais para que alguns jatos menores decolassem".

> *"A American Airlines foi forçada a cancelar mais de 40 voos em Phoenix. O motivo: com elevações diurnas pairando em torno de 120 graus Fahrenheit, estava simplesmente alta demais para que*

desenvolvimento curricular e didática

VII SIACTS

Eje 3
Formación del profesorado y CTS

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

> *alguns jatos menores decolassem. O ar mais quente é o ar mais fino [menos denso], o que torna mais difícil - e às vezes impossível - para os aviões gerarem sustentação suficiente. À medida que o clima global muda, é provável que rupturas como essas se tornem mais frequentes, dizem os pesquisadores, potencialmente tornando as viagens aéreas mais caras e menos previsíveis, com um risco maior de ferimentos aos viajantes devido ao aumento da turbulência."* (Wichter, 2017 s.p. tradução livre).

Puempel e Williams (2016) e Coffel, Thompson e Hurton (2017) justificam que as temperaturas médias globais da superfície da Terra aumentaram aproximadamente 1°C acima dos níveis pré-industriais, e que são recentes os possíveis impactos das mudanças climáticas na aviação. Mesmo com pressão atmosférica constante, o aumento da temperatura do ar, ao nível do solo, ocasiona diminuição na densidade[3] do volume de ar sob as asas das aeronaves, reduzindo a força de sustentação em processos de decolagens, trazendo riscos em pistas curtas. Isso provoca o atraso nos horários de voos, e em casos extremos de temperaturas elevadas, necessidade da diminuição da carga útil ou até mesmo do combustível da aeronave.

Ison (2005), em seu artigo *"Don't Be Dense about Density Altitude"*, escreveu sobre a interferência da temperatura ambiente nas moléculas de ar, segue que:

> *"De acordo com as leis da física, se a temperatura e / ou pressão de um gás forem alteradas, a densidade (lembre-se: número de moléculas por unidade de volume) também mudará. Por exemplo, se você aquecer um gás, as moléculas de ar começam a se mover mais rapidamente e atingem umas às outras. Enquanto executam essa dança, se espalham. Pense nisso como acertar as bolas em uma mesa de bilhar. Uma molécula em movimento rápido atinge outras moléculas, acelerando-as e espalhando-as. A longo prazo, menos moléculas ocuparão uma determinada unidade de volume. O oposto também é verdadeiro com as reduções de temperatura - as moléculas desaceleram e ficam mais próximas." (Ison, 2005, s.p. tradução livre).*

Esses episódios recentes exemplificam como o aumento da temperatura do Planeta está interferindo em um recurso que não só permite o deslocamento de pessoas, para as mais diversas finalidades, assim como o intercâmbio de mercadorias, pesquisas e explorações. Atualmente, o setor da aviação desempenha papel relevante na organização social, em diversos tipos de relações culturais, comerciais e bélicas entre praticamente todas as regiões do Planeta. Vale relembrar que muitas pessoas não têm acesso a esse meio de transporte. Mas, mesmo com o aprimoramento de técnicas e de saberes especializados empregados na aviação, os problemas decorrentes do aumento da temperatura global não foram solucionados.

Apesar de toda a evolução tecnológica que permitiu o aprimoramento das aeronaves, os princípios físicos que sustentam qualquer avião em voo já eram conhecidos, pelo menos desde o século XVIII.

[3] De acordo com Icao (1993, p. E-viii), a Lei do gás ideal que relaciona a pressão do ar à densidade e temperatura é a equação "densidade = $P / R_{ar.} \cdot K$", onde P = 101.325 Pascal = 101.325 $kg/m \cdot s^2$; $R_{ar.}$ = 287,052 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ e K = Temperatura em Kelvin.

desenvolvimento curricular e didática

VII SIACTS

Eje 3
Formación del profesorado y CTS

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

Um exemplo pode ser o de um episódio envolvendo o padre jesuíta brasileiro Bartolomeu Lourenço (1685-1724) (Imagem 1), nascido na cidade de Santos, em São Paulo, que enviou à Corte de Portugal os princípios para a construção de artefatos (ou artifícios, como se dizia à época), que os permitisse voar. Ele solicitou, em 1708, a patente de um "instrumento para se andar pelo ar" (Imagem 2), posteriormente conhecido como aeróstato.

Imagem 1: Bartolomeu Lourenço de Gusmão	Imagem 2: Instrumento para se andar pelo ar
Fonte: *Retrato do Padre Bartolomeu Lourenço de Gusmão.* Pintura - Óleo Sobre tela - por Bernardino de Souza Pereira (1902). Museu Paulista da USP (Universidade de São Paulo)	Fonte: *Primeira Experiência com o Balão de Bartolomeu de Gusmão.* Pintura - Óleo Sobre tela - por Bernardino de Souza Pereira (1940). Museu Paulista da USP (Universidade de São Paulo)

Tal patente foi registrada em Lisboa, Portugal, e concedida em 19 de abril de 1709 (Visoni e Canalle, 2009). Em 1705, Bartolomeu já havia inventado uma máquina capaz de sugar água do rio Paraguaçu e de transportá-la a 100 metros de altura, para ser utilizada em um seminário Jesuíta de Belém, na Freguesia da Cachoeira-Bahia, onde residia, cujo privilégio para seu invento requereu à Câmara da Bahia. Em 1708, seguiu para Portugal para se formar em física e matemática pelo curso de Cânones da Universidade de Coimbra (Braga, 2019).

Em um contexto do início do século XVIII, de conflitos e instabilidades entre os reinos distribuídos pela Europa, a ideia de Bartolomeu Lourenço de Gusmão, que já incorporara ao seu nome o sobrenome Gusmão, em homenagem ao seu irmão, proeminente e ilustre pessoa atuante no Reino de Portugal, poderia apresentar vantagens políticas para o Rei. Assim, ele justificava a sua petição de privilégio[4] para uma máquina voadora que deveria ser apreciada pelo Rei de Portugal, descrevendo as possíveis utilidades daquele inusitado instrumento. Dentre as qualidades de tal artifício, Bartolomeu argumentava que ele poderia ser útil para percorrer muitas léguas pelo ar, pela terra e pelo mar, com muito mais agilidade, podendo levar os avisos de mais importância

[4] "Petição de privilégio" ou "Privilégio de invenção" era uma autorização concedida por um governante para o direito exclusivo de um fabricante ou inventor explorar um produto ou patentear um invento. Posteriormente, foi regulamentada pela Lei de Patentes de proteção ao inventor.

desenvolvimento curricular e didática

VII SIACTS

Eje 3
Formación del profesorado y CTS

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

aos exércitos e para as terras mais remotas dos domínios reais, de forma segura para Vossa Majestade e para os homens de negócio. A invenção permitiria enviar mantimentos e munições a qualquer tempo para seus exércitos e resgatar seus homens dos inimigos sem que estes o pudessem impedir. Após algumas tentativas frustrantes, finalmente o capelão do Rei, Padre Bartolomeu, conseguiu demonstrar seu invento com sucesso, que foi rapidamente reconhecido pela Corte. Esta conferiu o monopólio de posse a Bartolomeu Lourenço de Gusmão, para um "Um instrumento para se andar pelo ar", ideia que ele teria representado utilizando um pequeno balão de papel pardo que flutuou, devido ao ar aquecido em seu interior (Taunay, 1938; Fiolhais, 2011).

A invenção estava aprovada e patenteada, mas ainda era considerada precária para as aplicações pretendidas, e não foi levada adiante naquele contexto. Porém, o feito inusitado do padre inventor transpôs fronteiras e logo contrastou com os interesses religiosos e políticos naquela região ibérica. Tal proposta, muito diferente das atenções científicas europeias, que estavam voltadas para os estudos do magnetismo e da eletricidade, o experimento do pequeno balão de Gusmão fora inspirado num estudo muito antigo, o Princípio de Arquimedes para corpos sólidos imersos em fluídos, como a água. Entretanto, o pequeno balão do padre tinha como agente, o aquecimento de um ar em seu sistema semiaberto, que o fazia flutuar (Taunay, 1938; Fiolhais, 2011). De qualquer modo, ainda que não tivesse sido viabilizada no início do século XVIII, a concessão da patente indica que a corte teria reconhecido o potencial da proposta, para atender a interesses políticos do reino, naquele contexto.

Bartolomeu L. de Gusmão também escreveu, como parte do seu convencimento à Corte Real, uma obra de título *"Manifesto Sumário para os Que Ignoram Poder-se Navegar pelo elemento do Ar" (1709),* arquivada e conservada na Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra, "que a ave precisava de asas[5], vida e ar, e que na falta de uma das três, não conseguiria voar". Sugeriu, também, que com esses três fatores seria infalível o voo em qualquer artifício (Taunay, 1938; Fiolhais, 2011). E assim manifestou:

> *"Três coisas pois são necessárias à ave para voar, convém a saber: azas, vida e ar, azas para subir; vida para as mover; e ar para sustentar; de sorte que faltando um destes três requisitos, ficam inúteis os dois: porque azas sem vida não podem ter movimento; vida sem azas não podem ter elevação; ar sem estes indivíduos não pode ser sulcado: porém dando-se essas três circunstâncias de azas, vida e ar, conforme necessária proporção, é infalível o voo em qualquer artifício, como estamos vendo na ave."* (Gusmão, 1709, 38-39).

Algumas décadas depois, na França do final século XVIII, havia novas tentativas para se construir um artefato capaz de levar o Ser Humano até altas altitudes na atmosfera da Terra. Além dos interesses políticos em reafirmar o poder do Rei Louis XVI, fragilizado em um contexto pré-revolução francesa (Abrantes, 2016), a ciência objetivava desenvolver pesquisas em diferentes altitudes. Documentos históricos relatam os empenhos para se coletar amostras de ar em diferentes altitudes; realizar estudos sobre a variação da temperatura e da pressão atmosférica; medir a variação magnética ao redor da Terra e avaliar outros parâmetros meteorológicos, como

[5] Na época, a palavra "asas" era grafada "azas".

desenvolvimento curricular e didática

VII SIACTS

Eje 3
Formación del profesorado y CTS

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

observações de vapor de água na atmosfera da Terra em função da altitude. Havia interesses na fisiologia humana também, por exemplo, em estudar o comportamento da respiração humana naquelas altitudes. Além disso, documentos também relatam o entusiasmo em se observar mais de perto cometas e meteoros ou, ainda, mapear com mais precisão as regiões territoriais. Para atingir tais objetivos, em 1783, a *Académie Royale des Sciences*, de Paris, experimentou os primeiros aeróstatos tripulados, enfatizando o apoio real à ciência e ao início da aeronáutica (Arlandes e Charles, 1784; Figuier, 1868; Mafarette-Dayries**, 2000**).

Durante o século XIX, diversos colaboradores aeronautas atuaram nas tentativas de conseguirem controlar a dirigibilidade[6] dos aeróstatos, concretizando apenas no início do século XX, em 19 de outubro de 1901, com o aeróstato nº 6 de Alberto Santos Dumont contornando a Torre Eiffel, em Paris, cujos princípios de dirigibilidade foram utilizados para o voo dos primeiros aviões (Figuier, 1868; Pfotzer, 1972; Santos-Dumont, 1904;1986).

Interessante observar que tais princípios científicos se mantêm nas aeronaves modernas, mesmo com substancial evolução tecnológica. Os aviões atuais precisam de asas, das turbinas para que tenham "vida", e são elevados pela sustentação do ar. Esses diferentes momentos históricos exemplificam como a complexa relação entre interesses sócio-políticos e a ciência permitiram o desenvolvimento e o aprimoramento da aviação.

Contextualização teórica: Proposta CTS e HC em um contexto de professores de ciências

Esses episódios foram reunidos para compor uma proposta didática, seguindo pressupostos das abordagens CTS no ensino (p. ex. Lufti, 2005; Santos, 2007; Conrado e EL-Hani, 2010), que foi desenvolvida para ser implementada na formação inicial de professores de ciências, na Universidade Federal de São Paulo, campus Diadema. Uma análise sobre esse contexto de formação inicial de professores de ciências, com trajetória formativa em física e química, evidenciou a necessidade de os licenciandos terem vivenciado abordagens sobre CTS e sobre questões sociocientíficas ao longo de sua formação:

> *"A partir da análise dos dados percebeu-se a necessidade de promover um maior contato dos licenciandos com a abordagem CTS em outras disciplinas do curso. Embora vários estudantes já conhecessem alguns exemplos, e durante a aula outros tenham sido discutidos pelas professoras, observou-se que seria relevante que alguns estudantes vivenciassem efetivamente as abordagens CTS."* (Aragão et al., 2016, p. 551)

Essa analise apresentada por Aragão e colaboradores (2016) foi realizada em duas disciplinas do curso de Graduação, Práticas Pedagógicas de Física II e Práticas Pedagógicas de

[6] Até as últimas décadas do século XIX, os aeróstatos tinham o formato esférico e durante o voo eram levados na direção e sentido dos ventos. Os aeronautas tinham apenas o controle horizontal, vertical e obliquo das suas máquinas voadoras.

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

Química II, e mostrou algumas limitações de abordagens apenas teóricas sobre CTS (Aragão et al., 2016). Aqueles licenciandos que tiveram a oportunidade de ter vivenciado essas abordagens em disciplinas básicas de Física e de Química demostraram uma compreensão melhor informada sobre os temas e mais engajamento crítico nas discussões em relação aos estudantes que tiveram apenas um contato teórico com os temas.

Em um estudo recente, Dionor e colaboradores (2020) realizaram uma revisão bibliográfica sistemática na literatura sobre propostas de ensino que trazem dilemas sociais complexos relacionados à aplicação da ciência e tecnologia, e que mobilizam controvérsias de interesse público, envolvendo a natureza sociocultural do conhecimento científico. Uma das conclusões dos autores destaca a necessidade de produção de materiais didáticos adequados para a escola básica e de se desenvolverem propostas didáticas a serem implementas e avaliadas na formação inicial e continuada de professores.

A partir da pesquisa em nosso contexto (Aragão et al., 2016) e da recomendação apontada por Dionor e colaboradores (2020), esta pesquisa finalizou sua primeira etapa de cunho teórico voltada ao desenvolvimento de uma proposta didática, que será, em uma segunda etapa, implementada no curso de formação de professores para realizar a análise de dados. Os resultados desta primeira etapa aqui apresentados trazem a narrativa histórica resultante de uma pesquisa historiográfica, o relato sobre dois episódios atuais, construído a partir de revisão bibliográfica, que são utilizados na sala de aula, junto à uma proposta de problematização inicial, disparadora de uma abordagem CTS (Conrado e El-Hani, 2010). Buscamos apresentar essa proposta, oportunamente, de modo que possa ser adaptada por docentes, em diferentes contextos educacionais. Partimos de uma problematização inicial, oferecemos três episódios distintos para fundamentar as discussões e sugerimos diferentes possibilidades de encaminhamento.

Para as aulas de Práticas Pedagógicas de Física e de Química, no contexto da Universidade Federal de São Paulo, a vivência dessa abordagem deve anteceder a discussão teórica. Assim, buscamos criar uma dinâmica para a sala de aula em que os professores possam vivenciar as reflexões acerca da articulação entre os conteúdos científicos e as questões sociais, tecnológicas, econômicas e políticas, à luz das didáticas específicas das ciências (Santos, 1999; Lufti, 2005; Santos, 2007). Ademais, a proposta busca mobilizar debates sobre as desigualdades de acesso aos conhecimentos e tecnologias construídos ao longo da história humana, além de questões econômicas se sobrepondo aos valores vinculados aos direitos humanos (Oliveira e Queiroz, 2016; Dionor et al., 2020).

Em perspectiva histórica, a narrativa que elaboramos para o episódio do século XVIII retrata a proposição de princípios, hipóteses e conceitos científicos com recursos pertinentes à época, exemplificando também como a ciência está interligada a aspectos políticos, econômicos e sociais de cada cultura.[7] Esse episódio permite discutir com os professores a historicidade das ciências, observando características entre CTS peculiares à época, explicitando aspectos da NDC (Forato et al., 2011).

[7] Um exemplo de fundamentação para a contextualização de episódios da HC no século XVIII, explorando a relação entre CTS e a arte no período, pode ser encontrado em Borges e Forato (2017).

desenvolvimento curricular e didática

VII SIACTS

Eje 3
Formación del profesorado y CTS

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

Os episódios mais recentes trazem questões de cunho social, envolvendo contextos científicos, tecnológicos, ambientais, morais e éticos, permitindo a reflexão sobre direitos humanos (Oliveira e Queiroz, 2016; Dionor et al., 2020). Eles permitem que os licenciandos discutam controvérsias de interesse público e de caráter científico transdisciplinar (Santos, 2007; D'Ambrósio, 2012).

Ambas as abordagens, CTS e HC, oferecem também reflexões explícitas sobre a NDC, como defendem Acevedo-Díaz e García-Carmona (2016). Portanto, conjugar tais abordagens possibilita mobilizar os propósitos formativos que foram discutidos ao longo deste artigo. No contexto específico das disciplinas para as quais essa proposta foi desenvolvida, ainda permite que os licenciandos vivenciem abordagens de HC e de CTS na sala de aula. Assim, abordando conceitos científicos e seus aspectos metacientíficos, formativos e culturais busca-se fomentar uma educação **em**, **sobre** e **pela** Ciência, e destacar a indissociabilidade entre concepções epistêmicas sobre a Ciência e seu ensino, sua aprendizagem e sua avaliação, em ações que permeiam a prática do professor (Santos, 1999; Forato et al., 2011).

Tais propósitos pedagógicos, mobilizados em abordagens CTS e da HC, ressoam com os fundamentos freirianos para uma educação crítica e emancipatória na formação de cidadãos conscientes e transformadores, buscando abordagens teórico-metodológicas que promovam diálogo e consciência, como prática educativa para a transformação do mundo (Freire, 1996). Desse modo, tais abordagens permitem inserir discussões sobre o papel da educação científica em uma sociedade desigual no acesso ou exclusão às conquistas humanas, na promoção da democratização dos saberes científicos, das conquistas tecnológicas e sobre a promoção de uma sociedade mais justa (D'Ambrósio, 2007; Oliveira e Queiroz, 2016). Ou seja, todos esses elementos contribuem para uma preparação para a prática, envolvendo o avaliar, refletir, refazer, reconstruir, buscando a construção do professor reflexivo e pesquisador (Pimenta e Ghedin, 2012).

Partindo de uma problematização inicial (Santos, 2007) sobre a função social que as aeronaves desempenham hoje e como o aumento global da temperatura começa a interferir na locomoção aérea, os estudantes podem ser provocados a estudar a função do ar no voo da ave e na sustentação da aeronave, além de outros temas que decorrerão dessas abordagens.

Metodologias envolvidas na pesquisa

Esta pesquisa desenvolveu uma proposta para ser implementada na formação inicial de professores, no contexto acima mencionado, com o objetivo de os envolver a estudarem mais detalhes, debaterem e se posicionarem sobre questões acerca desses episódios históricos e atuais. Portanto, a pesquisa envolve diferentes metodologias, desde uma pesquisa historiográfica, passando pela revisão bibliográfica sobre CTS e HC no ensino, considerando fundamentos metodológicos para o desenvolvimento de atividades didáticas, considerando os requisitos para o planejamento de sua implementação em sala de aula, visando a coleta de dados. Desse modo, quando se desenvolve e se implementa uma proposta formativa tendo também o objetivo de a avaliar, é fundamental cuidar de aspectos éticos e práticos envolvidos na coleta de dados, como parte da metodologia envolvida na pesquisa (Carvalho, 2006).

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

O desenvolvimento da problematização inicial considerou a perspectiva da estruturação de abordagens CTS na educação científica, como, por exemplo, lidar com temas do mundo cotidiano, envolvendo preocupações sociais influenciadas pela ciência e pela aplicação da tecnologia, a busca por soluções que conduzem às análises transdisciplinares que envolvem o conhecimento científico e tecnológico, com implicações políticas, econômicas, ambientais e sociais, requerendo posicionamento nas dimensões éticas e morais (Lufti, 2005; Santos, 2007; Conrado e EL-Hani, 2010; D'Ambrósio, 2012). Realizamos uma análise documental de notícias na mídia (Puempel e Willians, 2016; Coffel et al., 2017; Wichter, 2017), para fundamentar a discussão sobre o tema do mundo cotidiano, as questões do aquecimento global trazendo implicações para a aviação.

Para a construção do episódio histórico, em perspectiva de transposição da historiografia atual para o ambiente educacional (Forato et al., 2011) utilizamos fontes primárias e secundárias da HC (Gusmão, 1709; Santos-Dumont, 1904, 1986; Taunay, 1938; Martins, 2000; Visoni e Canalle, 2009; Fiolhais, 2011; Abrantes, 2016; Braga, 2019). A elaboração do recorte e da narrativa sobre o episódio histórico pauta-se em parâmetros para a transposição didática da HC para o ambiente escolar, estabelecendo um recorte historiográfico consistente com o ambiente educacional e evitando fomentar o relativismo ingênuo e visões estereotipadas sobre as ciências, por exemplo (Forato et al., 2012).

A dinâmica da atividade, que utiliza os três episódios para fundamentar a problematização inicial, busca o desenvolvimento da autonomia na proposição de discussões e pesquisas sobre diferentes conteúdos, que requerem a vivência da transdiciplinaridade (Freire, 1996; D'Ambrosio, 2007, 2012).

A implementação dessa atividade didática junto à professores em formação permitirá, em uma segunda etapa da pesquisa, uma análise qualitativa de dados coletados, na perspectiva de um estudo de caso (Gatti e André, 2011). Seguindo as recomendações sobre aspectos éticos para tomada, analise e divulgação de dados, espera-se realizar a triangulação de dados escritos pelos licenciandos e do caderno de notas do pesquisador, assim como a transcrição de videogravação das aulas (Carvalho, 2006).

A coleta de dados estava planejada para ocorrer em 2020[8], em duas disciplinas de Práticas Pedagógicas de Física e de Química II, da Licenciatura em Ciências, na Universidade Federal de São Paulo, Campus Diadema (cujo contexto é descrito em Aragão et al., 2016). A problematização inicial e as primeiras atividades foram pensadas para serem desenvolvidas em um período de aula de 4 horas, mas podem ser adaptadas para ocorrer em dois encontros, por exemplo. O agendamento e planejamento da implementação da proposta envolve a colaboração do pesquisador elaborador da proposta e das docentes responsáveis pelas disciplinas. A aplicação não

[8] Este artigo estava sendo escrito em abril de 2020 e revisado em junho de 2020. Em função da Pandemia do COVID-19, estamos vivenciando a suspensão das atividades presenciais e alteração nos calendários da graduação na Universidade Federal de São Paulo, assim como em outras universidades de nosso país. As características da proposta contemplam o ensino presencial, por meio dos debates e das atividades em grupo, que são essenciais para que os estudantes vivenciem a problematização inicial. A coleta de dados também foi planejada para a coleta na modalidade presencial. A implementação foi adiada até que possamos voltar às aulas presenciais. Não há, até essa data, uma previsão para que isso ocorra.

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

demanda a disponibilidade de grandes recursos materiais e financeiros, apenas impressão gráfica das folhas de textos e atividades, assim como estrutura para projeção de slides em sala.

Uma proposta didática

Os três episódios são utilizados em atividades didáticas para construir a problematização inicial, que busca introduzir a proposta CTS, fomentando a reflexão sobre como o aquecimento global começa a interferir na locomoção aérea.

Inicialmente, sugere-se que o episódio histórico do século XVIII seja apresentado com o apoio de *slides*. Esse recurso permite apresentar várias imagens da época, tanto sobre as personagens, como sobre as obras publicadas e os artefatos, assim como de outros elementos contextualizadores sobre a cultura do período. Essa apresentação possibilita a ênfase em aspectos da NDC, destacando as relações CTS naquele contexto. Depois de se destacar a reflexão sobre a influência que aquele contexto social e político exercia nas demandas para a Ciência e a técnica, assim como esses saberes também compunham o contexto do período, sugere-se questionar se atualmente também existe essa influência.

Apos a apresentação e o questionamento proposto, sugere-se organizar os estudantes em grupo para realizarem a leitura dos textos, conforme Tabela 1: Atividade - Leitura dos textos, e, posteriormente, trabalharem com a Tabela 2: Escolhas imediatas – Sociedade.

Tabela 1: Atividade - Leitura dos textos

Problematização inicial	
Aula:	**Turma:** **Grupo:** **Data:**
Atividades 1 - Leitura dos episódios ocorridos nos aeroportos de Londres em 2013 (Smith, 2013), e Phoenix em 2017 (Wichter, 2017), as justificativas de Puempel e Williams (2016) e Coffel et al. (2017) e Ison (2005). Leitura do episódio histórico sobre o século XVIII, mostrando os interesses em artefatos para realizar observações e medições em diferentes altitudes da atmosfera, assim como sobre o *"Manifesto Sumário* para os Que *Ignoram Poder-se Navegar pelo elemento do Ar" (1709), de* Bartolomeu Lourenço de Gusmão (1685-1724).	
2 - Discussão preliminar sobre a relação entre a ciência e os interesses políticos, econômicos e sociais de cada época e o papel da tecnologia em atender aos anseios humanos.	

Elaborada pelos autores do texto

Após os estudantes realizarem uma breve discussão em grupo sobre o conteúdo dos textos, pode-se lançar uma pergunta sobre como solucionar os problemas do cancelamento de voos. A seguir, pode-se distribuir a tabela 2 para que discutam as implicações de soluções paliativas e respondam às seguintes perguntas:

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020 ISSN: 1647-3582
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

Tabela 2: Escolhas imediatas - Sociedade

Soluções paliativas?	Impactos das soluções paliativas
- Reduzir passageiros por aeronaves	
- Reduzir quantidade de combustível por aeronave	
- Restringir decolagens de aeronaves	
- Aumentar a distância da pista de pouso e decolagens.	
- Cite algumas propostas da ciência para reduzir emissões de CO_2 na atmosfera da Terra.	

Elaborada pelos autores do texto

A utilização dos três episódios relatados como problematização inicial permitem a abordagem do conteúdo científico, tecnológico, social e ético, mobilizando debates transdisciplinares:

Os episódios dos cancelamentos de voos nos aeroportos de Londres e Phoenix, atribuídos à alteração da temperatura média da Terra, estavam inseridos no cotidiano social e o controle do aquecimento global é uma das preocupações atuais. Ademais, esses eventos exemplificam a naturalização de desigualdades no modelo econômico-social que estrutura o deslocamento de pessoas e produtos pelo planeta;

O episódio do contexto de retomada do invento de Bartolomeu Lourenço de Gusmão, em 1791, apresentou uma estreita relação entre o desenvolvimento tecnológico de um artefato da ciência da época, desencadeando interesses políticos e aprimoramentos tecnológicos e, também, provocando interações na sociedade local.

Essas características buscam trazer provocações à essa proposta, conferindo-lhe um potencial para debates entre os alunos da licenciatura. O tema da aviação comercial envolve não apenas as viagens a trabalho, laser e estudo, mas também o transporte de mercadorias, aspectos que hoje são relevantes socialmente e importantes para serem pautados na formação inicial de professores. Conforme mostra a literatura especializada, questões de cunho social, envolvendo controvérsias de interesse público e de caráter científico transdisciplinar, desde que esteja contextualizada ao cotidiano, costumam despertar o interesse e o engajamento dos estudantes em discussões. Elas podem promover o desenvolvimento da argumentação, levar os estudantes a vivenciarem processos de tomada de decisão, entendendo custos e benefícios. Podem contribuir para o pensamento crítico e oferecer um estímulo à participação de estudantes (Conrado e El-Hani, 2010; Dionor et al., 2020).

Pretende-se que essas discussões tragam a oportunidade de colocá-los como protagonistas para proporem os próximos passos da abordagem CTS, pensando sobre soluções mais permanentes que podem ser conjecturadas, quais os conhecimentos necessários para analisar tais soluções. O professor pode conduzir o debate sobre as respostas, instigando os estudantes a elencarem sugestões. Caso não se manifeste nos debates entre os grupos é interessante incentivar a reflexão sobre: aspectos relativos ao modelo econômico-social que estrutura o deslocamento de pessoas e produtos pelo planeta e sobre sua relação com aquecimento global; sobre os combustíveis

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

fósseis e alternativos; sobre conceitos científicos que fundamentam alternativas sustentáveis etc. Dessa forma, essa problematização inicial deve ser um recurso para mobilizar futuros professores a se organizarem em grupos e a darem continuidade ao aprofundamento nos diferentes aspectos transdisciplinares, envolvidos em um projeto CTS, que se desenvolveria em torno ao tema. Esses desdobramentos estão consistentes com o que se espera de uma abordagem CTS, colocando os estudantes como protagonistas na definição de conteúdos a serem investigados, estudados e analisados, de modo a propor sugestões ou soluções para se lidar com problemas sociocientíficas e tecnológicos (Lufti, 2005; Santos, 2007; Conrado e El-Hani, 2010).

Conclusão: algumas considerações e expectativas

Considerando que há significativa literatura argumentando sobre os benefícios formativos de abordagens CTS, assim como da HC, esta etapa teórica da pesquisa parte do pressuposto de que agregá-las em uma única atividade didática ampliará resultados formativos, conforme vimos argumentando ao longo do texto. Acevedo-Diaz e Garcia-Carmona (2016) já descreveram que ambas as abordagens têm se mostrado interessantes para promover discussões acerca da NDC, e aqui propomos que associá-las pode potencializar os resultados. Além dos objetivos formativos apresentados pela literatura especializada que CTS e HC oferecem, espera-se que a vivência dessa proposta possa encorajar e oferecer subsídios aos futuros professores a implementarem abordagens CTS em sua prática profissional. Ao vivenciar uma proposta, pode-se conhecer e entender possibilidades de se implementar tais abordagens na sala de aula, e oferecer mais subsídios para a compreensão das discussões teóricas sobre o tema.

O planejamento prevê o docente atuando como mediador, instigando os licenciandos a trazerem desdobramentos ao projeto. Além dos conteúdos CTS e sobre o aquecimento global explicitamente envolvidos, há diferentes propósitos formativos mobilizados, que podem se manifestar nos dados a serem coletados em sala de aula. Entendemos que os modelos e equações de física para descrever o voo natural das aves e o voo de um artifício tecnológico abrange, também, um desenvolvimento de cálculos matemáticos. A depender do momento formativo da turma, pode-se propor uma parceria com a área de matemática do curso, envolvendo docentes das disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral. Em função do contexto, também há a possibilidade de delimitar a abordagem ao plano conceitual e às equações básicas, para que os graduandos, futuros docentes nas escolas de educação básica, possam estendê-lo em sala de aula aos alunos do Ensino Médio.

Referências

Abrantes, P. C. (2016). *Imagens de natureza, imagens de ciência*. Rio de Janeiro: EdUERJ.

Acevedo-Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *13*(1), 3-19.

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020 ISSN: 1647-3582
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

Aragão, S. B. C. A., Forato, T. C. M., Martorano, S. A. A., & Borges, D. B. S. (2016). Desenvolvimento de abordagens CTS por discentes de uma licenciatura em ciências. *Revista Indagatio Didactica, 8*(1), 534-555.

Arlandes, D., Salton, F. L., & Charles, J. A. C. (1784). *Les voyageurs aëriens, ou relations des courses faites dans les airs par M. le major d'Arlande accompagné de M. [...].* [s.n.]. Bibliothèque nationale de France. monographie imprimée. Français. 3-20. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1051294m.

Borges, D. B. S., & Forato, T. C. M. (2017). Ciência e sociedade: retratos da história da termodinâmica na arte. In Moura, B. & Forato, T. (Orgs). *História das Ciências, Epistemologia, Gênero e Arte. Ensaios para a Formação de Professores* (pp. 115-138), São Bernardo do Campo, SP: EdUFABC.

Braga, A. L. (2019). *Bartolomeu de Gusmão, o padre voador e a invenção do balão*. Braga Academy. https://braga.academy/blog/bartolomeu-de-gusmao-o-padre-voador-e-a-invencao-do-balao/

Carvalho, A. M. P. (2006). Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: Santos, F. M. T. & Greca, I. M. (Orgs.) *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. Ijuí, RS: Ed. Unijuí.

Coffel, E., Thompson, T. R., & Horton, R. M. (2017). The impacts of rising temperatures on aircraft takeoff performance. *Climatic Change, 144*, 381–388. DOI:10.1007/s10584-017-2018-9.

Conrado, D. M., & EL-Hani, C. N. (2010). Formação de cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de ciências. *II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia.* Universidade Tecnológica Federal do Paraná-PR. (11). http://www.sinect.com.br/anais2010/artigos/CTS/11.pdf.

D´Ambrosio, U. (2007). Educação para compartilhar desenvolvimento e sustentabilidade. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 15, jan./jun. 2007. Editora UFPR. 11-20.

D´Ambrosio, U. (2012). *Transdisciplinaridade*. 3. ed. São Paulo: Palas Athena.

Dionor, G. A., Conrado, D., Martins, L., & Nunes-Neto, N. (2020) Análise de propostas de ensino baseadas em QSC: uma revisão da literatura na educação básica. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, *13*(1), 197-224. https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v13n1p197.

Figuier, L. (1868). *Les Merveilles de la science ou description populaire des inventions modernes...;* Bibliothèque nationale de France. monographie imprimée-Furne, Jouvet (Paris). http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k24675w.

Fiolhais, C. (2011). *Bartolomeu de Gusmão e o seu balão.* In Fiolhais, C., Caruso, F., Marques, Adílio J., Kury, L. B., & Tavares, C. C. da S.. Bartolomeu Lourenço de Gusmão: o padre inventor. RJ: Andrea Jakobsson Estúdio. 15-31. https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/40984.

Forato, T. C. M, Martins, R. A., & Pietrocola, M. (2012). History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. *Science & Education*, *21*(5), 657-682.

Forato, T., Pietrocola, M., & Martins, R. (2011). Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 28*(1), 27-59. doi:https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n1p27.

Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 42ª. São Paulo: Paz e Terra.

Gatti, B., & André, M. (2011). A relevância dos métodos de pesquisa qualitativa em Educação no Brasil. In Weller, W., & Pifaff N., (Orgs). *Metodologias da pesquisa qualitativa em educação: teoria e prática* (pp. 2, 29-38), Petrópolis, RJ: Vozes.

Gusmão, B. L. de. (1709). Manifesto sumário para os que ignoram poder-se navegar pelo elemento do ar. Autores e Livros: A Manhã (RJ). Abril 1950, 11(4), 38-39. http://memoria.bn.br/DocReader/Hotpage/HotpageBN.aspx?bib=066559&pagfis=2918&url=http://memoria.bn.br/docreader#.

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

Hernández, R., Collado, F. C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill, Interamericana. 6, 4-32. https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf.

Icao (1993). Manual of the icao standard atmosphere extended to 80 kilometres (262 500 feet). *International Civil Aviation Organization (ICAO)*, 3, E-viii. http://www.aviationchief.com/uploads/9/2/0/9/92098238/icao_doc_7488_-_manual_of_icao_standard_atmosphere_-_3rd_edition_-_1994.pdf.

Ison, D. C. (2005). Don't be dense about density altitude. *Plane & Pilot Magazine*.

Lufti, M. (2005). *Os ferrados e os cromados: produção social e apropriação privada do conhecimento químico*. Ijuí: Unijuí.

Mafarette-Dayries, **P.** (2000). L'académie royale des sciences et les grandes commissions d'enquête et d'expertise à la fin de l'ancien régime. *Annales historiques de la Révolution française*, 320. 121-135. https://ahrf.revues.org/152#quotation.

Martins, R. A. (2000). Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 17*(2), 115-121. doi: https://doi.org/10.5007/%x.

Marta, M. C. (1918). Cartas de Camilo Castelo Branco. *Coleção, Prefácio e Notas de M. Cardoso*. H. Antunes - Lisboa. 17-23. https://archive.org/details/cartasdecamiloca00cast/page/n8/mode/2up.

Oliveira, R., & Queiroz, G. (2015). *Olhares sobre a (in)diferença: formar-se professor de ciências a partir de uma perspectiva de educação em Direitos Humanos*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

Oliveira, R., & Queiroz, G. (2016). La formación de professores de Ciencias em la perspectiva de la Educación em Derechos Humanos: por los caminhos de uma razón cordial. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 19*(2), 1-13. DOI: http://dx.doi.org/10.6018/reifop.19.2.253831.

Pereira, B. de S. (1902). Retrato do Padre Bartolomeu Lourenço de Gusmão. Pintura - Óleo Sobre tela. *Museu Paulista da USP* (Universidade de São Paulo). https://artsandculture.google.com/asset/retrato-do-padre-bartolomeu-lourenco-de-gusmão-benedito-calixto-de-jesus/3gEz2eXMGNmToQ.

Pereira, B. de S. (1940). Primeira experiência com o balão de Bartolomeu de Gusmão. Pintura - Óleo Sobre tela. *Museu Paulista da USP* (Universidade de São Paulo). https://artsandculture.google.com/asset/primeira-experiência-com-o-balão-de-bartolomeu-de-gusmãoo-bernardino-souza-pereira/rgGnSG3RQKL0Wg.

Pfotzer, G. (1972). History of the use of balloons in scientific experiments. *Space Science Reviews, 13*(2), 199-242.

Pimenta. S. G., & Ghedin, E. (2012). *Professor reflexivo no Brasil: **gênese e crítica de um conceito***. São Paulo: Cortez.

Puempel, H., & Williams, P. D. (2016). The impacts of climate change on aviation: scientific challenges and adaptation pathways. In: On board a sustainable future – ICAO2016, *Evironmental Report*, 7, 205-207. https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/env2016.aspx.

Santos, M. E. S. (1999). Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI: co-construção do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências, en *Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2, Valinhos, SP.

Santos, W. L. P. (2007). Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. (especial). *Ciência & Ensino*, *1*, 1-12.

Santos-Dumont, A. (1904). *Dans l'air : ouvrage orné de nombreuses illustrations et de épures exécutées par Santos-Dumont, pour ses différents didigeables*. Charpentier et Fasquelle - Eugéne Fasquele, Editeur (Paris). Bibliothèque nationale de France. http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k932715h.

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21685

ISSN: 1647-3582

Santos-Dumont, A. (1986) Os meus balões. Trad. de A. de Miranda Bastos. *Brasília: Fundação Rondon*. 107-108. http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/vo000004.pdf.

Smith, O. (2013). Passengers kicked off 'heavy' London City Airport flights. *The Telegraph* (online daily news journal). https://www.telegraph.co.uk/travel/news/Passengers-kicked-off-heavy-London-City-Airport-flights/.

Taunay, A. E. (1938). *Bartholomeu e sua prioridade aerostatica*. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 27-36. https://digital.bbm.usp.br/handle/bbm/6961.

Visoni, R. M., & Canalle, J. B. G. (2009). Bartolomeu Lourenço de Gusmão: o primeiro cientista brasileiro. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *31*(3), 3604.1-3604.12. https://doi.org/10.1590/S1806-11172009000300014.

Wichter, Z. (2017). Too hot to fly? Climate change: may take a toll on air travel. *The New York Times.* (online daily news journal). https://www.nytimes.com/2017/06/20/business/flying-climate-change.html.