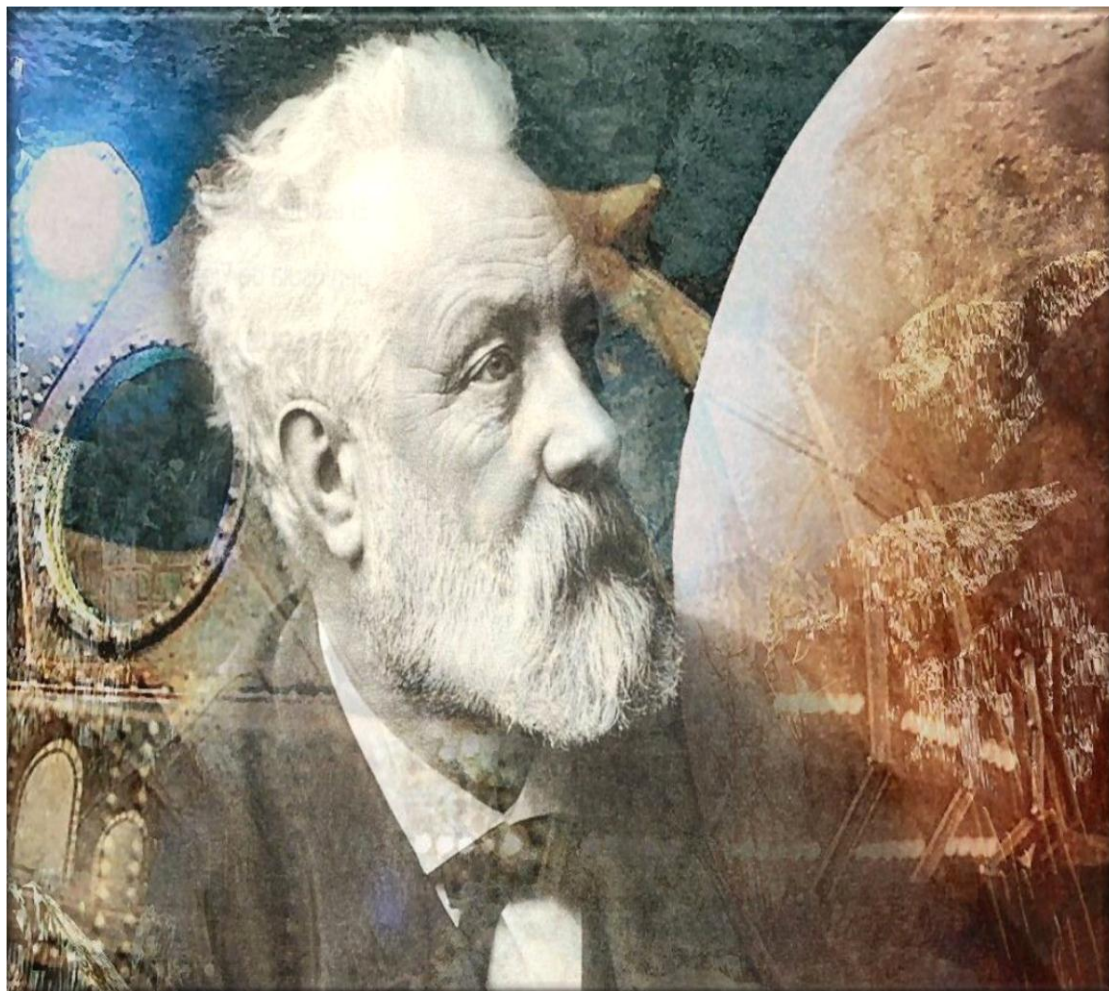


SEQUÊNCIA DIDÁTICA



**UTILIZAÇÃO DO LIVRO DA TERRA À LUA NO
PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
DE CONCEITOS DE FÍSICA**

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

**UTILIZAÇÃO DO LIVRO DA TERRA À LUA NO PROCESSO DE
ENSINO E APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE FÍSICA**

FREDERICO PEREIRA MOURA

ORIENTADOR: Prof. Dr. ALEXSANDRO PEREIRA LIMA

Universidade Federal Rural do Semi-árido
Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física
Polo Mossoró

Sumário

Introdução.....	4
O uso da Sequência Didática.....	6
AULA 0: Pré-teste e Introdução.....	8
AULA 1: Interdisciplinaridade – História e Geografia.....	12
AULA 2: Interdisciplinaridade – Astronomia.....	16
AULA 3: Interdisciplinaridade – Química.....	20
AULA 4: Conceitos de Física – parte 1.....	21
AULA 5: Conceitos de Física – parte 2.....	24
AULA 6: Conceitos de Física – parte 3.....	25
Conclusões.....	28
Referências.....	29

Introdução

O produto educacional aqui apresentado é parte integrante da Dissertação de Mestrado “Utilização de um livro paradidático no processo de ensino e aprendizagem de conceitos de Física” e trata-se de uma Sequência Didática com um roteiro de aulas utilizando um livro da literatura estrangeira, de ficção científica, como material paradidático. O livro escolhido para este trabalho foi *Da Terra à Lua*, de Júlio Verne, e ajudará a trabalhar diversos conceitos de Física, bem como Química História e Geografia.

Jules Gabriel Verne, também conhecido como Júlio Verne, nasceu em Nantes, na França em 8 de fevereiro de 1828 e faleceu em Amiens em 24 de março de 1905. Seus livros trazem diversas “previsões” de diversos avanços tecnológicos, como por exemplo, submarinos, máquinas voadoras e viagem à Lua. Por vontade do pai, Verne acabou indo a Paris estudar Direito, porém passou a se interessar por teatro e começou a escrever operetas e histórias de viagens. Sua carreira como escritor teve início quando conheceu Pierre-Jules Hetzel, um editor que já trabalhava com grandes escritores da época. Ele publicou a primeira obra de Júlio Verne em 1862 (*Cinco Semanas em um Balão*) que acabou fazendo muito sucesso pela riqueza de detalhes geográficos e culturais. Em 1865 ele publica *Da Terra à Lua (De la Terre à la Lune)*, que traz uma aventura inusitada para a época: enviar um objeto à Lua a partir de um tiro de canhão.

Sendo a obra de Júlio Verne rica em aventura, ficção científica e diversos conceitos de Física, viu-se a possibilidade de inserir sua literatura nas aulas de Física no Ensino Médio, a fim de expandir os estudos desses conceitos, complementando aqueles que já são abordados nos livros didáticos. Esse estudo foi distribuído ao longo de seis semanas, começando com um pré-teste para averiguar alguns conhecimentos prévios dos estudantes. Em sequência mais cinco aulas explorando, além da Física, assuntos relacionados à História, Geografia, Química e Astronomia. Sendo assim, trata-se de um trabalho interdisciplinar que envolverá também os professores dessas disciplinas.

O processo não consistirá em apenas ler um livro e aplicar uma avaliação em seguida. É preciso planejamento e envolvimento do professor tanto com os conteúdos relacionados à sua disciplina, como nas outras que estão relacionadas com o enredo

da obra Da Terra à Lua. O ideal é que o professor possa, antes de iniciar seus trabalhos, levantar dados da realidade da turma a fim de planejar melhor suas estratégias de modo que consiga atingir os objetivos de cada etapa deste projeto.

O objetivo geral deste trabalho é trazer para os estudantes uma forma diferenciada de estudar conceitos de Física, partindo da leitura de um livro paradidático de ficção científica onde seja possível identificar esses elementos e estudá-los de forma sistemática. Os objetivos específicos estão distribuídos ao longo das aulas.

O uso da Sequência Didática

Embora seja parecida com um Plano de Aula, uma Sequência Didática vai além e envolve diversas propostas e estratégias para aplicação de um projeto educacional ou intervenção didática, como é o caso deste trabalho. Consiste em um conjunto de aulas interligadas entre si, com o objetivo de levar determinado conhecimento através de etapas muito bem definidas de modo a tornar o processo de ensino e aprendizagem mais bem aproveitado pelos estudantes.

Para Zabala (1998), a Sequência Didática é um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”. Por serem etapas bem articuladas é importante que o professor se certifique de quem em cada aula a turma adquira os conhecimentos necessários para passar à etapa seguinte.

Antes de qualquer coisa, é preciso analisar como a sequência se encaixa na carga horária da disciplina na escola em que será aplicada e como ela vai se relacionar com o andamento da disciplina. Se, por exemplo, sua disciplina tem duas aulas por semana será preciso separar pelo menos uma, tendo em mente o impacto que este projeto terá no desenvolvimento dos conteúdos já programados para o ano. Na aplicação deste trabalho, e que consta na Dissertação já citada anteriormente, a disciplina de Física contava com três aulas semanais, das quais uma foi destinada à Sequência Didática. Desta forma, o conteúdo planejado para aquele ano letivo não foi afetado.

Outro ponto importante, para que esta Sequência Didática seja melhor aplicada, é seguir estes 4 passos:

1º Passo – Sondagem: Momento em que o professor faz um levantamento dos conhecimentos prévios do público alvo e a partir disso consegue traçar as estratégias necessárias para que os conhecimentos a serem trabalhados com os estudantes sejam aproveitados de modo mais eficiente;

2º Passo – Apresentação do Projeto: A partir dos conhecimentos prévios já sondados e de posse do material a ser utilizado (livro paradidático, neste caso) o professor apresenta à turma o projeto a ser trabalhado;

3º Passo – Desenvolvimento: Aplicação da sequência de aulas, seguindo os aspectos apresentados e adequando-os, quando necessário, aos conhecimentos prévios de cada turma, tendo em vista as particularidades de cada uma delas. Caberá ao professor as devidas preparações, bem como adaptações à sua realidade;

4º Passo – Avaliação: Avaliar a aprendizagem alcançada pelos estudantes é de extrema importância, afinal permite que o professor analise a eficácia de sua intervenção pedagógica e, com isso, possa melhorar cada vez mais seu trabalho em futuras aplicações. Uma sugestão de avaliação está contida no final desta Sequência.

Porém, não bastará ao professor apenas seguir os passos, como em uma receita, mas principalmente envolver-se com a história previamente, contatar outros professores, fazer novas pesquisas, como também adaptar a sequência à sua realidade.

O roteiro que se segue visa a leitura do livro *Da Terra à Lua* de forma gradual, de modo que a cada semana seja possível explorar os diversos conceitos abordados na história. A cada aula será feita uma abordagem diferente, podendo iniciar com uma discussão acerca do que foi encaminhado na aula anterior. É de grande importância que o professor providencie inicialmente maneiras de aquisição do livro, que podem: empréstimo na biblioteca da escola (caso possua), onde cada aluno poderia passar 1 semana com o livro e repassar a outro aluno; download gratuito do livro em PDF; reprodução ou impressão do material baixado; compra pela *internet*.

AULA 0: Pré-teste e Introdução

Objetivos:

- Verificar os conhecimentos prévios (subsunçores) dos estudantes mediante aplicação de um pré-teste.
- Apresentar o livro Da Terra à Lua e Ao Redor da Lua como paradigmático a ser estudado nas próximas aulas, mostrando as diferentes formas de aquisição

Material a ser preparado: Cópias suficientes do teste de sondagem, Imagens contidas no livro; história dos foguetes...

Recursos: Livro Da Terra à Lua e Ao Redor da Lua, computador e Datashow.

Tempo estimado: 1 aula de 50 minutos.

Desenvolvimento (Pré-Teste): Neste primeiro momento o professor propõe aos alunos um teste de sondagem com o objetivo de verificar seus conhecimentos prévios, antes que o projeto de leitura seja aplicado. Poderá desde já anunciar a temática central do trabalho (viagem espacial), o livro e o autor.

Quadro 1: Teste de sondagem

TESTE DE SONDAAGEM			
	SIM	NÃO	TALVEZ
1 Você já conhecia o escritor Julio Verne?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2 Já leu alguma obra de Julio Verne?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
3 Conhece como funciona o processo de lançamento de foguetes ao espaço?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4 Acha que é possível disparar uma bala de canhão em direção à Lua e acertá-la?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5 Acha que é possível para um ser humano sobreviver a altos valores de aceleração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6 Conhece como ocorreram as missões espaciais à Lua?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
7 Acredita que o homem conseguiu chegar à Lua nos anos 60 e 70?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
8 Conhece os aspectos físicos e químicos que envolvem uma viagem ao espaço?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
9 Já tinha tomado conhecimentos da exploração espacial nas aulas regulares?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
10 Você conhece o termo Corrida Espacial?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<i>Em caso afirmativo na questão 10, explique com suas palavras o que foi a Corrida Espacial.</i>			

Desenvolvimento (Introdução):

Nesta primeira aula o professor apresenta o livro a ser trabalhado (Da Terra à Lua e Ao Redor da Lua), que em alguns casos é vendido separadamente, pois foram escritos separados. Deve motivar os estudantes a ler o livro pela importância da prática da leitura, mas também pelo envolvimento que eles podem ter ao entrar em contato com uma obra de ficção científica do século XIX. Como parte motivacional, apresenta à turma os principais elementos que serão encontrados no livro: interdisciplinaridade com história, geografia e química; viagens espaciais; astronomia; conceitos de física clássica, etc.

Já que o livro apresenta a viagem à Lua através de um projétil lançado a partir de um canhão, utilizando pólvora, convém citar as referências mais antigas a fogos de artifício e armas militares que usavam os princípios básicos do funcionamento de um foguete, como combustível sólido a base de pólvora, que são da China do século III a.C. (figura 1).

Figura 1: Primeiros foguetes da história.



Fonte: <https://fisicadefoguetes.wordpress.com/>

Um personagem importante nessa história é Robert Goddard (figura 2), que foi um físico experimental, sendo considerado o pai dos foguetes modernos. Goddard colocou em prática a ideia de usar combustível líquido para propulsão de foguetes, desenvolvida anteriormente por Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935). Ele realizou seu primeiro teste em 16 de março de 1926 com um foguete que subiu apenas 12,5 metros, em 2,5 segundos. Mesmo sendo um alcance pequeno, Goddard conseguiu

demonstrar que a propulsão baseada em combustível líquido era viável. Porém, coube ao alemão Wernher Magnus Maximilian von Braun (1912-1977) e ao russo Sergei Pavlovich Korolev (1907-1966) concretizar os projetos de Tsiolkovsky e Goddard, promovendo lançamentos de foguetes, e seres vivos ao espaço a partir de década de 1950.

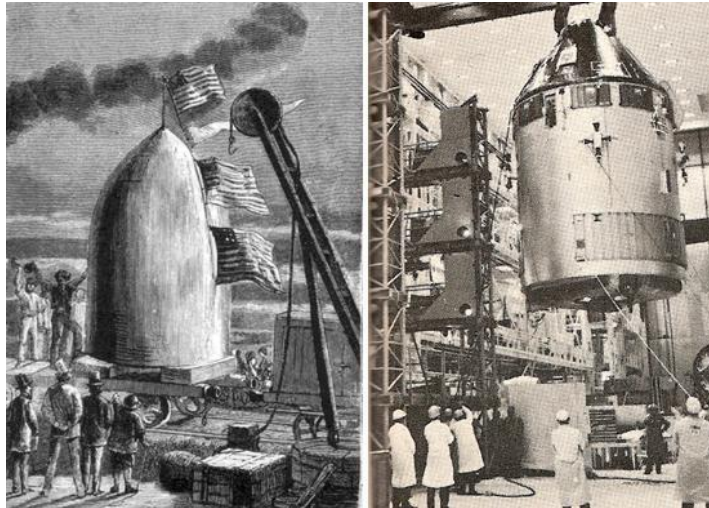
Figura 2: Goddard e o seu primeiro foguete de combustível líquido



Fonte: <http://www.cdcc.usp.br/cda/sessao-astronomia/seculoxx/textos/foguetes-e-satelites.html>

Outro aspecto importante e que já pode ser citado é a respeito de algumas semelhanças entre a história do livro e as missões Apollo, como por exemplo a semelhança entre o projétil de Júlio Verne e o módulo lunar do projeto Apollo, conforme a figura 4:

Figura 4: comparação entre o projétil de Júlio Verne e o módulo lunar do Projeto Apollo,



Fonte: <https://goo.gl/PcRmAJ>

Encaminhamentos:

- Informar os estudantes que algumas atividades de pesquisa serão solicitadas, a fim de aprofundar os conhecimentos dos assuntos abordados no livro, inclusive os interdisciplinares. A partir dessas pesquisas poderão ser organizadas discussões em sala de aula.
- Organizar as formas de aquisição do livro e providenciar para que todos possam ter acesso

Material para aprofundamento:

- Uma Breve História dos Foguetes:
<http://solarviews.com/portug/rocket.htm>
- A História dos Foguetes:
<http://www.ahistoria.com.br/foguetes/>
- OS FOGUETES: HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO:
https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/os-foguetes-ii_revisado.pdf

AULA 1: Interdisciplinaridade – História e Geografia

Objetivos:

- Envolver a disciplina de História no estudo da Física do livro paradidático, analisando o contexto histórico em que a obra foi escrita.
- Envolver a disciplina de Geografia no estudo da Física do livro paradidático, analisando o contexto geográfico do livro na questão a escolha do local de lançamento do projétil rumo à Lua.

Recursos: Livro *Da Terra à Lua e Ao Redor da Lua*, computador e Datashow.

Material a ser preparado: Imagens da Guerra de Secessão; Mapa dos EUA; *mapa mundi*.

Tempo estimado: 1 aula de 50 minutos.

Desenvolvimento:

Os primeiros assuntos interdisciplinares a serem abordados pelo livro envolvem História e Geografia.

O contexto histórico é a Guerra de Secessão, uma guerra civil travada entre 1861 e 1865 nos Estados Unidos. O livro começa justamente citando esse evento: “Durante a Guerra de Secessão dos Estados Unidos, um novo clube muito influente fundou-se na Cidade de Baltimore”. O clube a que o livro se refere é o *Gun Club* (Clube do Canhão), que é um importante elemento para o desenrolar da história. Portanto, o professor deverá tomar conhecimento deste importante evento histórico, seja lendo, pesquisando e até mesmo conversando com o professor de História da escola.

Em seguida, levando em consideração que o processo de leitura do livro já esteja em andamento, tratar com a turma acerca do local de lançamento escolhido no contexto do livro, conforme aparece no capítulo 6: “Nas circunstâncias atuais, somos obrigados a escolher um local muito próximo do equador, para que a experiência se faça em boas condições...”. Embora o livro não entre em detalhes do ponto de vista da rotação da Terra, ele menciona apenas o fator posição da Lua no zênite:

Segundo as recomendações do observatório de Cambridge, devia o tiro ser dirigido perpendicularmente ao plano do horizonte, isto é, para o zênite; e visto como a Lua não chega ao zênite senão dos lugares terrestres situados entre 0° e 28° de latitude, ou, por outras palavras, como a declinação lunar máxima é apenas de 28°, estava o problema reduzido a determinar exatamente o ponto do globo onde deveria ser fundida o imenso Columbiad. (Da Terra à Lua, p. 91)

Caberá ao professor explorar com os alunos a questão geográfica e física envolvida no processo de lançamento de foguetes, que se dá de forma mais eficiente nas proximidades da linha do Equador, de modo a aproveitar a influência da rotação da Terra.

Encaminhamentos:

- Solicitar aos estudantes que, tendo iniciado a leitura do livro, comecem a pesquisar maiores detalhes da Guerra Civil Americana e que conversem com o professor de História em suas aulas.
- Conversar com o professor de História da escola para que, se possível, comente em suas aulas sobre a Guerra Civil Americana.
- Solicitar aos estudantes que pesquisem os principais locais de lançamentos de foguetes nos mais diversos países. A partir desta pesquisa, relacionar os locais de lançamento com a latitude verificando sua importância no processo.
- As pesquisas poderão ser entregues por escrito ou apresentada pelos estudantes na aula seguinte, onde será organizando uma pequena discussão sobre o assunto.

Material para aprofundamento:

➤ Guerra Civil Americana:

<http://historiadomundo.uol.com.br/idade-contemporanea/guerra-civil-americana.htm>

<http://escola.britannica.com.br/article/480589/Guerra-de-Secessao-dos-Estados-Unidos>

➤ Por que os satélites costumam ser lançados a partir do Equador?

<http://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/por-que-os-satelites-costumam-ser-lancados-a-partir-do-equador/>

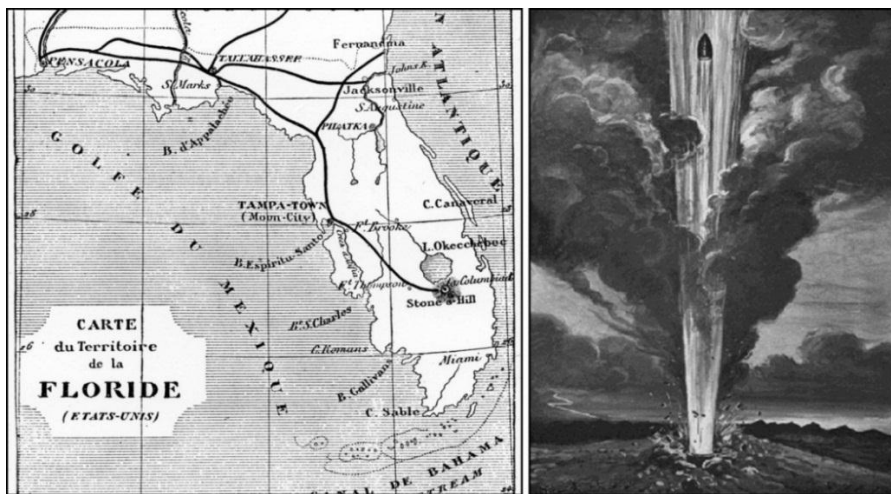
➤ Por que os foguetes economizam combustível quando são lançados na linha do Equador?

<http://www.iag.usp.br/astrologia/pergunta/1403707219>

➤ Por quais motivos não se pode construir bases para lançamento de foguetes espaciais em quase qualquer local na Terra, como acontece com aeroportos?

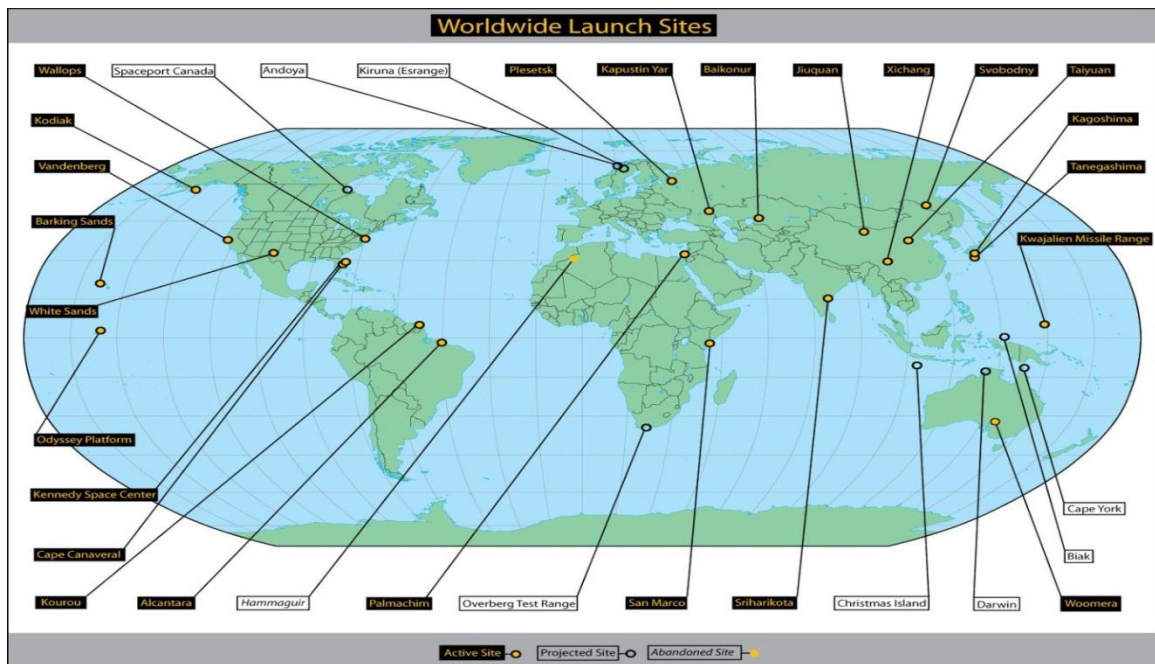
<http://www.hipernovas.com.br/2015/07/por-quais-motivos-nao-se-pode-construir.html>

Figura 5: Local de lançamento (Flórida) e detonação.



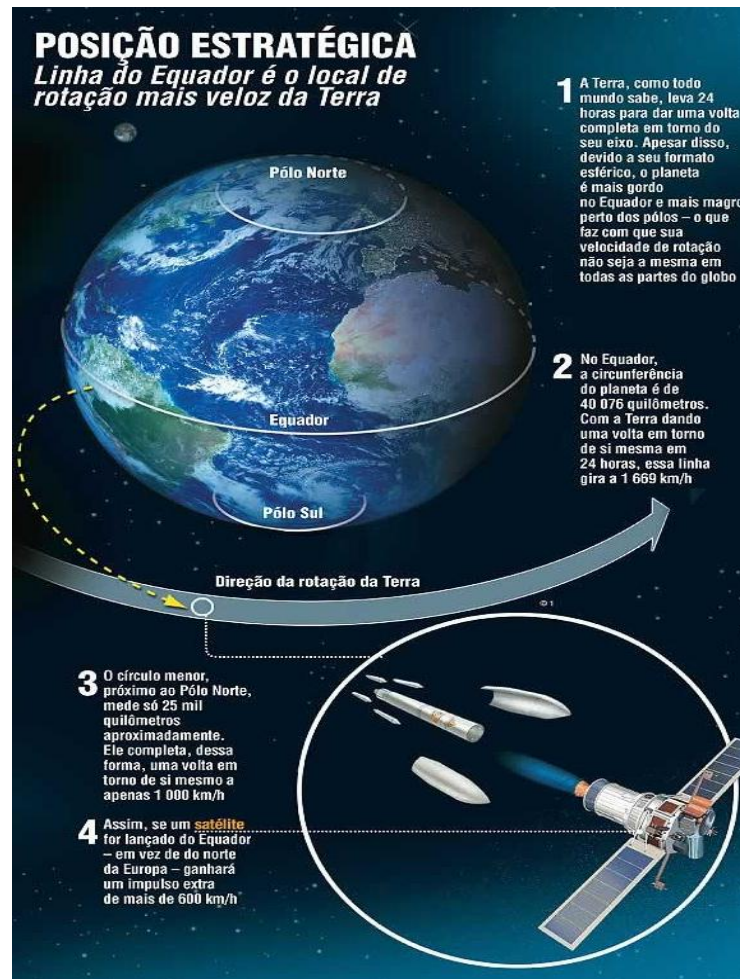
Fonte: Da Terra à Lua, pp. 94 e 220.

Figura 6: Bases ou projetos de bases de lançamentos de foguetes mundo afora.



Fonte: <https://goo.gl/4KDFxl>

Figura 7: Posição Estratégica para lançamentos.



Fonte: <https://goo.gl/hPftEW>.

AULA 2: Interdisciplinaridade – Astronomia

Objetivo: Abordar tópicos de astronomia relacionados no livro, tais como órbita, velocidade de escape e telescópios, complementando os tópicos de Física já estudados na Mecânica Clássica.

Recursos: Livro Da Terra à Lua e Ao Redor da Lua, computador e Datashow.

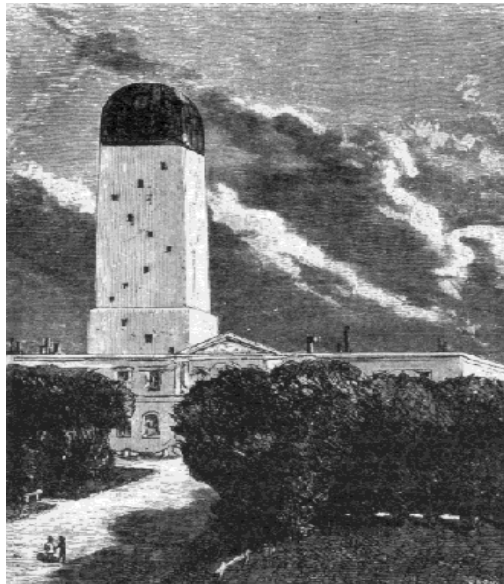
Material a ser preparado: imagens da órbita lunar e de trajetórias de foguetes.

Tempo estimado: 1 aula de 50 minutos.

Desenvolvimento:

Nesta aula serão abordados temas básicos relacionados à astronomia: órbita, velocidade de escape, lançamento de foguetes e suas trajetórias no espaço. É importante que o professor prepare o material ilustrativo ou até vídeos e animações de modo a favorecer a compreensão dos estudantes. No capítulo 24, é relatada a construção de um telescópio especialmente para observação da Lua, de modo que fosse possível a visualização de um objeto de 2,75 metros de largura. Neste capítulo se dá uma rápida explicação sobre o funcionamento e a diferença entre telescópios refratores e refletores. Além disso, dá detalhes técnicos de como irão construir um telescópio capaz de possibilitar enxergar o objeto que seria lançado à Lua. Levando em consideração os questionamentos apresentados no capítulo 4 do livro, pode-se tomá-los como base para iniciar as discussões que envolvem Astronomia: “Redigiu-se por consequência uma nota extremamente precisa, contendo perguntas especiais, que foi dirigida ao observatório de Cambridge, em Massachussetts” (Da Terra à Lua, p. 30).

Figura 8: Observatório de Cambridge



Fonte: Da Terra à Lua, p. 38.

Figura 9: Telescópio instalado nas Montanhas Rochosas



Fonte: Da Terra à Lua, p. 205.

No capítulo 4, são levantadas questões astronômicas pertinentes à realização do projeto de mandar um objeto à Lua, e que são respondidas no mesmo capítulo. Elas irão nortear as discussões nesta aula. São elas:

1. É possível enviar um projétil para a Lua?
2. Qual a distância exata que separa a Terra de seu satélite?
3. Qual seria a duração do trajeto do projétil, ao qual seria imprimida uma velocidade inicial suficiente e, conseqüentemente, em que momento deveríamos lança-lo para que encontrasse a Lua nesse ponto determinado?
4. Em que momento preciso a Lua estaria na posição mais favorável para ser alcançada pelo projétil?
5. Que ponto do céu deveria ser visado com o canhão destinado a lançar o projétil?
6. Em que lugar a Lua estaria no céu no momento do lançamento do projétil?

Como o próprio livro já traz as respostas para essas perguntas, o professor poderá usá-las em sala para discussões com a turma. Poderá até dividir a turma em grupos e distribuir as questões para discussões e cálculos acerca do que o autor propõe como solução para o desafio de enviar um projétil à Lua.

Material para aprofundamento:

- Faça seu telescópio:

http://www.observatorio-phoenix.org/j_tele/j_02.htm

- Construção de um Telescópio Newtoniano de 180 mm:

<http://www.dentus.com.br/ceusemfim/Newtoniano.htm>

- Por que não podemos ver a bandeira americana na Lua com um telescópio?

<https://astrono1000sic.wordpress.com/2011/11/05/por-que-nao-podemos-ver-a-bandeira-americana-na-lua-com-um-telescopio-parte-1/>

Encaminhamentos:

- Pedir aos estudantes que pesquisem sobre a história dos telescópios (incluindo Hubble e Kepler), os tipos e os meios de construção.
- Discutir com a turma sobre as diferentes velocidades de escape nos planetas do Sistema Solar, relacionando-as com a gravidade em cada um deles.

AULA 3: Interdisciplinaridade – Química

Objetivo: Compreender os processos químicos envolvidos na produção de oxigênio em um ambiente selado, bem como a retirada do excesso de gás carbônico.

Recursos: Livro Da Terra à Lua e Ao Redor da Lua, computador e Datashow.

Material a ser preparado: Imagens contidas no livro; detalhes das reações químicas envolvidas na história.

Tempo estimado: 1 aula de 50 minutos.

Desenvolvimento:

Um dos momentos cruciais na jornada dos 3 personagens principais dessa história rumo à Lua é solucionar o problema do ar a bordo do projétil, afinal o oxigênio será consumido e o ambiente ficará saturado de gás carbônico. Esse problema é solucionado através de dois processos químicos: aquecimento de clorato de potássio para produzir O_2 e exposição de potassa caustica para absorver CO_2 . Sabe-se que Júlio Verne tinha grandes conhecimentos de Física e Química na época em que escreveu seus livros e este processo é apresentado por ele como solução para criar um ambiente seguro e respirável aos tripulantes da viagem à Lua. Juntamente com o professor de Química da escola, pode-se construir uma parceria de modo a detalhar os detalhes envolvidos nessas reações químicas. Porém, o professor de Física, tendo conhecimentos de Química poderá também abordá-los em nessa aula.

Material para aprofundamento:

➤ Decomposição Térmica do Clorato de Potássio:

<http://www.quimicalegal.com/decomposicao-termica-do-clorato-de-potassio/>

➤ Hidróxido de potássio – ficha de informações de segurança:

[http://cloud.cnpqg.embrapa.br/wp-content/igu/fispg/laboratorios/Hidróxido de potássio.pdf](http://cloud.cnpqg.embrapa.br/wp-content/igu/fispg/laboratorios/Hidróxido%20de%20potássio.pdf)

AULA 4: Conceitos de Física – parte 1

Objetivo: Estudar os primeiros conceitos físicos presentes no livro, tais como: unidades de medida e cálculo da velocidade de escape.

Recursos: Livro *Da Terra à Lua e Ao Redor da Lua*, computador e Datashow.

Material a ser preparado: Dados do livro sobre diferentes unidades de medida e calculadora

Tempo estimado: 1 aula de 50 minutos.

Desenvolvimento:

A abordagem dos conceitos de Física no livro *Da Terra à Lua* começa com o estudo das unidades de medida. Júlio Verne se utiliza de várias unidades, algumas delas desconhecidas dos estudantes, como por exemplo a toesa. As principais unidades usadas por Verne são: jarda (que aparece 20 vezes no livro); toesa (17 citações); polegada (7 citações) e a milha (5 citações).

No capítulo 4 a distância Terra-Lua é informada em milhas e léguas. Estando a Lua no seu Apogeu, estaria a cerca de 247.552 milhas, ou 99.640 léguas de 4 quilômetros, segundo o autor. No Perigeu estaria a 218.157 milhas, ou 88.010 léguas. O que daria 398.311 km no Apogeu e 351.014 km no Perigeu. Porém, somente com as devidas transformações é que se percebe uma divergência entre os dados do livro e os que se conhece hoje: 406.720 km (Apogeu) e 356.372 km (Perigeu)¹.

No planejamento do lançamento do projétil, eles mostram que a velocidade necessária para se deixar a Terra e poder alcançar a Lua deveria ser no mínimo de 12 mil jardas por segundo, o que equivaleria a cerca de 11 km/s (aproximadamente 39.000 km/h). Neste caso, Júlio Verne está tratando a viagem à Lua apenas como um lançamento vertical para cima, de modo a atingir um ponto em que a gravidade da Terra não traria o projétil de volta.

¹ Fonte: <http://www.zenite.nu/a-superlua/>

Essa primeira abordagem acerca de unidades de medida ajudará ao estudante a conhecer os mais variados meios de medição, Sistema Internacional de Medidas (SI) e, se possível um pouco da história de cada unidade.

Quadro 8: Principais unidades usadas no livro e seus equivalentes no SI.

jarda	<i>91 cm</i>
milha	<i>1.609 m</i>
toesa	<i>1,98 m</i>
polegada	<i>2,52 cm</i>
pé	<i>30,48 cm</i>
libra (EUA)	<i>453 g</i>

Outro ponto importante é a respeito da velocidade que deverá ser imprimida ao projétil para que ele consiga sair da Terra e atingir a Lua. No capítulo 4, quando questionado sobre essa possibilidade, o Observatório de Cambridge informa que seria possível, desde que fosse aplicada ao projétil uma velocidade inicial de doze mil jardas por segundo. Trata-se da velocidade de escape, a velocidade necessária para que um objeto sem propulsão atinja um ponto no qual não seja mais possível cair de volta.

Considerando esse contexto como o de um lançamento vertical para cima e considerando a conservação da Energia Mecânica durante o processo teremos:

$$E_c = E_{pg}$$

onde E_c é a energia cinética no momento do lançamento do projétil e E_p a energia potencial no ponto final da trajetória. Substituindo as equações de cada energia teremos:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{GMm}{R}$$

e, fazendo as devidas mudanças, teremos a expressão para a velocidade de escape (V_e):

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Cancelando as massas m e substituindo os valores de cada grandeza², teremos uma velocidade de escape para a Terra de aproximadamente 11,2 km/s, o que daria aproximadamente 40.320 km/h.

Fazendo isso o estudante entenderá melhor como aquela informação de doze mil jardas por segundo foi obtida e poderá fazer comparações entre as unidades de medida envolvidas.

Encaminhamentos:

- Pedir aos estudantes que pesquisem as origens de cada unidade de medida citada no Quadro 8, como também seus equivalentes no SI;
- Solicitar que os estudantes façam as transformações dos dados dos capítulos 4, 7 e 9.

² $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$, $R = 6,38 \cdot 10^6 \text{ m}$, $M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

AULA 5: Conceitos de Física – parte 2

Objetivo: Abordar conceitos físicos existentes no livro, tais como: Lançamento vertical para cima; movimento de projéteis, órbita, força gravitacional.

Recursos: Livro *Da Terra à Lua e Ao Redor da Lua*, computador e Datashow.

Material a ser preparado: Imagens do livro (canhão, projétil, etc.); vídeos de lançamentos de foguetes, especialmente os da *Corrida Espacial*; dados sobre o sistema Terra-Lua.

Tempo estimado: 1 aula de 50 minutos.

Desenvolvimento:

O grande desafio proposto pelo *Gun Club* é lançar um projétil à Lua, primeiramente oco e sem tripulantes. Porém, no decorrer da história o desafio recebe o incremento de três tripulantes a bordo do projétil, que agora teria um formato cilindro-cônico. Na aula 2 desta sequência didática foram exploradas seis perguntas fundamentais para a execução do projeto do clube do canhão, dentre as quais pode-se retomar duas delas para tratar sobre lançamento vertical, órbita e força gravitacional: Qual a distância exata que separa a Terra de seu satélite? Qual seria a duração do trajeto do projétil, ao qual seria imprimida uma velocidade inicial suficiente e, conseqüentemente, em que momento deveríamos lança-lo para que encontrasse a Lua nesse ponto determinado?

Embora na aula 2 já se tenha discutido a respeito dessas duas questões, elas poderão ser retomadas para que se faça os devidos cálculos a respeito das informações descritas pelo autor.

Encaminhamentos:

- Propor aos estudantes que realizem esquemas e cálculos acerca de como seria um lançamento vertical em direção à Lua, considerando os dados fornecidos pelo autor.

AULA 6: Conceitos de Física – parte 3

Objetivo: Discutir com os estudantes conceitos físicos existentes no livro, tais como: Efeitos da aceleração sobre o organismo; “gravidade zero”.

Recursos: Livro Da Terra à Lua e Ao Redor da Lua, computador e Datashow.

Material a ser preparado: vídeos sobre aceleração e desaceleração (por exemplo, os testes de Força G); microgravidade e seus efeitos no organismo.

Tempo estimado: 1 aula de 50 minutos.

Desenvolvimento:

Nessa última aula dois temas serão abordados. Eles têm grande impacto no desenvolvimento das pesquisas espaciais, portanto, grande relação com os avanços das últimas décadas. No processo de planejamento da viagem à Lua, além de todos os detalhes de lançamento do projétil faltava um detalhe extremamente importante: dispor algum mecanismo que absorvesse o impacto da explosão da pólvora. Em outras palavras, que a aceleração a que os tripulantes fossem submetidos não os matasse. A solução proposta foi:

Barbicané achava, e com razão, que nenhuma mola seria poderosa o suficiente para amortecer o choque e, durante seu famoso passeio pelo bosque de Skersnaw, acabara por resolver a enorme dificuldade de maneira engenhosa. Pensou em recorrer à água da seguinte maneira: três pés do projétil deveriam ser preenchidos por uma camada de água destinada a sustentar um disco de madeira completamente impermeável, que escorregaria roçando as paredes internas do projétil. Os viajantes estariam sobre essa verdadeira jangada. Quanto à massa líquida, seria dividida em compartimentos horizontais, que seriam sucessivamente quebrados pelo choque da partida. Então, cada lençol de água, do mais baixo ao mais alto, correndo pelos tubos de escapamento para a parte superior do projétil, chegaria assim a agir como molas, e o disco, munido de tampões extremamente fortes, só bateria no fundo depois da ruptura sucessiva dos diversos compartimentos. Com certeza os viajantes ainda sentiriam a violência do choque após a massa líquida ter escapado completamente, mas o primeiro choque seria completamente eliminado por esse amortecedor tão potente. (Da Terra à Lua, p.193)

O relato acima fica mais compreensível com a ajuda da ilustração, que o próprio Júlio Verne disponibiliza em seu livro.

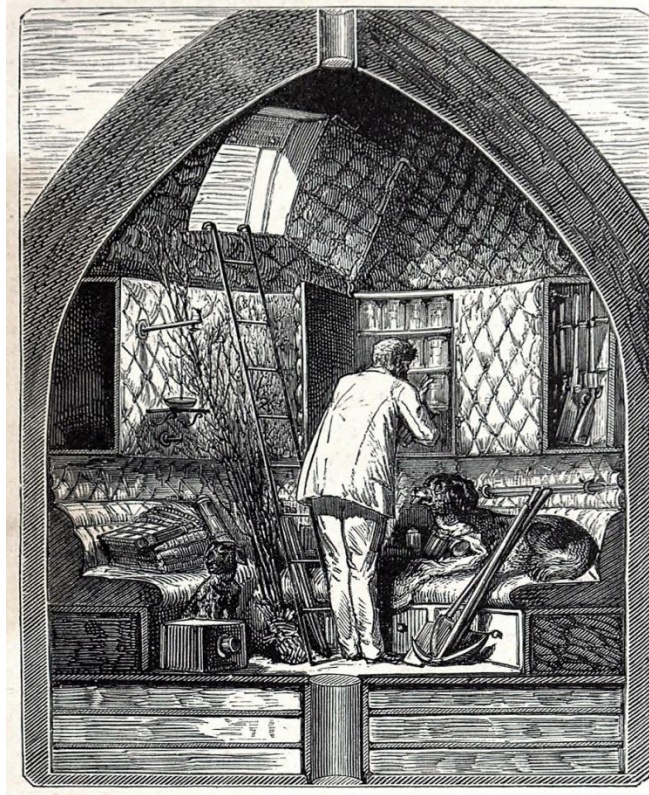


Figura 10: Interior do projétil
Fonte: Da Terra à Lua, p. 210.

Mesmo com toda essa engenhosidade, o que Verne ainda não sabia era dos efeitos de fortes acelerações no organismo humano. Os primeiros testes do tipo só começaram a ser realizados em 1947 com o coronel da Força Aérea dos Estados Unidos John Paul Stapp, que também era médico e acreditava que um ser humano poderia suportar uma aceleração de 18G³. Porém, em um de seus testes chegou a experimentar cerca de 46,2 vezes a aceleração da gravidade. Na era espacial, os astronautas eram expostos a 3G durante lançamentos dos Ônibus Espaciais, enquanto que nos lançamentos de foguetes do Projeto Mercury 8G e no Saturno V eram 5G.

Outro aspecto importante é a microgravidade, que muitas vezes é confundida com ausência de gravidade. Caberá ao professor nesta aula explicar a diferença,

³ Cada "G" equivale a aceleração de 9,8 m/s²

inclusive as falhas encontradas no livro acerca desse aspecto, sobretudo na segunda parte da história, “Ao Redor da Lua”.

Material para aprofundamento:

- Por que o corpo humano não consegue suportar acelerações bruscas?

<http://gizmodo.uol.com.br/por-que-o-corpo-humano-nao-consegue-suportar-aceleracoes-bruscas/>

- The fastest man on the Earth

<http://www.ejection-site.com/stapp.htm>

- John Paul Stapp

https://pt.wikipedia.org/wiki/John_Paul_Stapp

Conclusões

Trabalhar conceitos da Física através de um livro paradidático não é uma prática comum, mas pode ser uma ferramenta simples, acessível e capaz de gerar grandes resultados no aspecto da abordagem de elementos científicos em sala de aula e no incentivo à prática da leitura. Além de trabalhar os conteúdos programados utilizando livros didáticos, pode-se fazer uma boa complementação através de livros paradidáticos.

Embora esta seja uma proposta de utilização do livro *Da Terra à Lua*, de Júlio Verne, podem ser usados vários outros livros do mesmo autor ou de outros. O gênero ficção científica ajudará a abordar diversos conceitos científicos com estudantes do Ensino Fundamental e Médio, podendo até expandir essa abordagem para temas interdisciplinares. Além de Júlio Verne, destacam-se também as obras de Arthur Charles Clarke, Herbert George Wells, Isaac Asimov, Philip Kindred Dick.

Outros aspectos também podem ser abordados em uma possível continuação ou expansão do uso do livro *Da Terra à Lua*, como por exemplo: trabalhar oficinas sobre foguetes utilizando materiais disponibilizados pela Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA)⁴; explorar a criatividade e imaginação dos alunos, desafiando-os a criar histórias baseadas no livro; promover um conhecimento maior acerca da Corrida Espacial, inclusive com uso de documentários adequados⁵.

⁴ <http://www.oba.org.br/site/>

⁵ Documentário em 4 episódios sobre a Corrida Espacial: "Space Race" da BBC.

Referências

A História dos Foguetes. In A História. Web, 2017. Disponível em: <<http://www.ahistoria.com.br/foguetes/>>. Acesso em 25 de fevereiro de 2017.

BARROS, Caroline Ramos. BONATTO, Andreia. FRISON, Marli Dallagnol. GEMELI, Rafael Agnoletto. LOPES, Tatiana Bica. **Interdisciplinaridade no Ambiente Escolar.** 9ª ANPED SUL - Universidade de Caxias do Sul, 2012. Disponível em <<http://www.uces.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/2414/501>>. Acesso em 4 de fevereiro de 2017.

CORDA, Stephen. **Introduction to Aerospace Engineering with a Flight Test Perspective.** John Wiley & Sons, 2017

FERREIRA, J. C. D. **Aproximações entre a obra de Júlio Verne e o ensino de física.** 2011. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente.

FERREIRA, Júlio Cesar David. RABONI, Paulo Cesar de Almeida. **A UTILIZAÇÃO DA OBRA DE JÚLIO VERNE COMO FONTE DE POSSIBILIDADES NO ENSINO DE FÍSICA.** (Disponível em: <http://cac.php.unioeste.br/eventos/iisimposioeducacao/anais/trabalhos/129.pdf>)

FERREIRA, Júlio Cesar David. RABONI, Paulo Cesar de Almeida. **FIÇÃO CIENTÍFICA DE JÚLIO VERNE E O ENSINO DE FÍSICA: UMA ANÁLISE DE VINTE MIL LÉGUAS SUBMARINAS.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, 84 n. 1: p. 84-103, abr. 2013.

Guerra de Secessão dos Estados Unidos. In Britannica Escola Online. *Enciclopédia Escolar Britannica*, 2017. Web, 2017. Disponível em: <<http://escola.britannica.com.br/article/480589/Guerra-de-Secessao-dos-Estados-Unidos>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2017.

HALLIDAY, David. **Fundamentos da Física**, Vol 1: Mecânica. Rio de Janeiro. LTC. 2008.

HILL, Philip G. PETERSON, Carl R. **Mechanics and Thermodynamics of Propulsion.** 2 ed. New York, Addinon-Wesley Publishing Company. 1992.

LAGUNA, Alzira Guiomar Jerez. **A contribuição do livro paradidático na formação do aluno-leitor.** Augusto Guzzo Revista Acadêmica, São Paulo, n. 2, p. 43-52, Ago. 2012. Disponível em: <http://www.fics.edu.br/index.php/augusto_guzzo/article/view/81>. Acesso em: 18 de maio de 2016.

NOGUEIRA, Salvador. **Astronáutica: ensino fundamental e médio.** Brasília : MEC, SEB, MCT, AEB, 2009.

Por quais motivos não se pode construir bases para lançamento de foguetes espaciais em quase qualquer local na Terra, como acontece com aeroportos? In: Hipernovas. Web, 2015. Disponível em: <<http://www.hipernovas.com.br/2015/07/por-quais-motivos-nao-se-pode-construir.html>>. Acesso em 1 de fevereiro de 2017.

VERNE, Jules. **Da Terra à Lua e Ao Redor da Lua.** Edição Integral. São Paulo, Brasil, 1995. Círculo do Livro.

ZABALA, Antoni. **A prática Educativa.** Editora Artes Médicas Sul Ltda. Porto Alegre. 1998.