

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS CAICÓ

SANDERSON DOS SANTOS SILVA

FOGUETE: REVISÃO HISTÓRICA E IMPACTOS NA SOCIEDADE

CAICÓ/RN
2022

SANDERSON DOS SANTOS SILVA

FOGUETES: REVISÃO HISTÓRICA E IMPACTOS NA SOCIEDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Me. Ricardo Rodrigues da Silva

Silva, Sanderson dos Santos Silva

S587f Foguete: revisão histórica e impactos na sociedade. – 2022.

35 f: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande
do Norte. Caicó, 2022.

Orientador: Me. Ricardo Rodrigues da Silva.

1. Foguete. 2. Aprendizagem. 3. Física. I. Silva, Ricardo
Rodrigues. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU 53

SANDERSON DOS SANTOS SILVA

FOGUETE: REVISÃO HISTÓRICA E IMPACTOS NA SOCIEDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título Licenciado em Física.

Aprovado em: 30/05/2022

Banca Examinadora

Me. Ricardo Rodrigues da Silva - Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Me. Cicero Elias dos Santos - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Me. Alcindo Mariano de Souza - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dedico este trabalho ao meu avô, Manuel Junqueira, pela força e dedicação que teve enquanto estava conosco. Minha mãe e meu pai, que esteve sempre presente em todos os momentos da minha vida. A Maria das Neves, Jackson e Lenimaria pelo acolhimento e apoio durante a jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais: Maria dos Milagres e Josandro dos Santos por tudo que fizeram e continuam fazendo por mim.

A minha família que mora em Caicó por todo o acolhimento e apoio durante o curso.

Aos meus colegas de curso por todos os momentos juntos que vivenciamos.

Aos professores pelo esforço no exercício da profissão e ensinamentos.

A meu orientador, Ricardo Rodrigues, pela paciência durante a construção desse trabalho e por todo o convívio durante o curso, suas experiências compartilhadas jamais serão esquecidas.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), por todo o suporte oferecido para que possamos ter um ambiente de aprendizagem adequado.

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas”.

(Carl Sagan).

RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão histórica acerca da evolução dos foguetes, desde dos foguetes primitivos utilizados pelos chineses no início do século XIII até os foguetes modernos construídos na última década, exibindo as principais mudanças na engenharia dos foguetes e mostrando como podemos encaixar o estudo da Física básica a partir do lançamento de foguetes. Portanto, o objetivo deste projeto é descrevermos a evolução dos foguetes e discutir os impactos, positivos e negativos, que os veículos espaciais proporcionaram para a sociedade, ou seja, como os aspectos econômicos, tecnológicos, sociais e ambientais foram e estão sendo influenciados pelo uso dos foguetes. Outrossim, buscamos entregar um cartaz que pode ser utilizado como ferramenta didática pelos professores da educação básica para tratar sobre este conteúdo. Por ser um trabalho que visa descrever os fatos e discuti-los, este se configura como uma pesquisa bibliográfica e exploratória, fazendo a análise dos dados principalmente de forma qualitativa. Assim buscamos o conteúdo principalmente em livros e artigos, na forma online através do buscador Google Acadêmico. Nos resultados, observou-se que os trabalhos individuais foram importantes para a evolução dos veículos aeroespaciais, mas, após os investimentos governamentais e o desejo de demonstrar a soberania foram fatores fundamentais para a alavancagem dos foguetes. Por fim, notamos que os governos diminuíram os investimentos na aviação espacial e as empresas privados estão iniciando, talvez, uma nova corrida espacial, em busca de proporcionar para a sociedade experiências jamais vistas anteriormente por civis.

Palavras-chave: Foguetes; Evolução; Cartaz Didático; Física; Impactos.

ABSTRACT

This work presents a historical review about the evolution of rockets, from the primitive rockets used by the Chinese in the beginning of the thirteenth century to the modern rockets built in the last decade, showing the main changes in rocket engineering and showing how we can fit the study of Basic physics from rocket launch. Therefore, the objective of this project is to describe the evolution of rockets and discuss the impacts, positive and negative, that space vehicles have provided for society, that is, how the economic, technological, social and environmental aspects were and are being influenced by the use of the rockets. Furthermore, we seek to deliver a poster that can be used as a didactic tool by basic education teachers to deal with this content. As it is a work that aims to describe the facts and discuss them, this is configured as a bibliographic and exploratory research, analyzing the data mainly in a qualitative way. Thus, we seek the content mainly in books and articles, in the online form through the Google Scholar search engine. In the results, it was observed that individual works were important for the evolution of aerospace vehicles, but after government investments and the desire to demonstrate sovereignty were fundamental factors for the leverage of rockets. Finally, we note that governments have reduced investments in space aviation and private companies are perhaps starting a new space race, seeking to provide society with experiences never seen before by civilians.

Keywords: Rockets; Evolution; Didactic Poster; Physical; Impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Soldado Chinês lançando Foguete	17
Figura 2 – Representação do Foguete de Wan-Hu	18
Figura 3 – Goddard ao lado do seu foguete	19
Figura 4 – Lançamento foguete V-2	20
Figura 5 – Foguete R-7 e satélite Sputnik	21
Figura 6 – Foguete Saturn V	23
Figura 7 – Linha do tempo	23
Figura 8 – Estrutura foguete V-2	29
Figura 9 – Cartaz Revisão Histórica dos Foguetes	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Aceleração
AEE	Agência Espacial Europeia
CM	Módulo de comando do foguete
CSG	Centro de lançamento de foguete na Guiana Francesa
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
EUA	Estados Unidos da América
G	Aceleração da Gravidade
INSEE	Instituto Nacional de Estatística e Economia Francês
ISS	Estação Espacial Internacional
LM	Módulo lunar – parte da nave
M	Massa do corpo
N	Newton – Unidade de medida de força
NASA	Agência Espacial Americana
P	Força Peso
PIB	Produto Interno Bruto
R-7	Foguete russo
RP-1	Combustível utilizado em foguete – Querosene refinado
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
V-2	Vergeltungswaffe - Foguete Alemão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 METODOLOGIA	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
4 REVISÃO HISTÓRICA E APRESENTAÇÃO DO CARTAZ	17
4.1 HISTÓRICO.....	17
4.2 AVANÇOS	24
4.3 IMPACTOS	25
4.4 INOVAÇÕES NA ENGENHARIA.....	27
4.5 A FÍSICA.....	30
4.6 MATERIAL DIDÁTICO.....	31
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o investimento de empresas privadas em parceria com o Estado está revolucionando os veículos aeroespaciais. Com tantas tecnologias já desenvolvidas, surgiram várias ambições nas principais mentes por trás destes projetos, como a ideia de terra formar marte, ou seja, tornar nosso planeta vizinho em um planeta habitável.

As ideias de tornar marte um planeta habitável e de levar internet para todas as áreas do planeta terra via satélite tem algo em comum, o uso de foguetes para levar os materiais necessários para completar essas missões no espaço. Portanto, vale a pena entendermos como esse veículo pode nos auxiliar a termos cada vez mais tecnologias úteis que proporcionaram uma melhor eficiência nas atividades cotidianas.

Os alunos, sejam da educação básica ou superior e a comunidade entenderá a evolução histórica das atividades astronáuticas e como que as tecnologias nas quais temos acessos atualmente foram influenciadas por causa dos foguetes. Além disso, poderá surgir a partir desta leitura algumas ideias para trabalhos acadêmicos futuros ou aplicações práticas por partes dos alunos e os professores poderá utilizar este material para auxiliar o processo de ensino aprendizagem.

Portanto, o objetivo geral desse trabalho é construir um cartaz didático com os principais fatos históricos dos foguetes ao longo dos anos. Outrossim, buscamos também entender a origem histórica dos foguetes, descrevendo a evolução dos mesmos e discutir os impactos sociais, sejam eles, econômicos, tecnológicos e ambientais. Sendo assim, se faz necessário apresentar a influência que os foguetes propuseram na sociedade atual e as consequências (positivas e negativas) do seu uso.

Considera-se que os primeiros povos a lançar foguetes foram os chineses, mas a origem histórica não é totalmente conhecida, pois há relatos que os gregos utilizavam artefatos parecidos, por volta de 400 a.C. Entretanto, durante a batalha de Kai-Keng, temos o relato mais próximo de um foguete com as características dos atuais.

A relação entre foguete e guerra é visivelmente notada, pois, ao final da segunda guerra mundial, em 1945, os alemães sob comando de Adolf Hitler, lançaram

um foguete sobre o território da Inglaterra, mostrando naquele momento a soberania alemã no uso de armas de longa distância.

O foguete V-2 lançado pelos alemães foi desenvolvido por diversos cientistas que comandavam um grupo de funcionários do governo local, dentre eles Hermann Oberth e Von Braun, que após o fim da guerra, foram convocados pelos Estados Unidos da América (EUA) para trabalhar com eles na construção de foguetes. Outros especialistas na construção de foguetes foram repatriados pela União Soviética, que também estava interessada.

A partir deste momento começa-se uma corrida buscando a conquista do espaço e devido ao trabalho já desenvolvido a união soviética sai na frente dos EUA e envia o homem para dar uma volta ao redor do planeta. Como resposta, os EUA enviam o homem à lua quando a União Soviética passava por um momento conturbado no seu departamento astronáutico.

Vários foguetes foram enviados ao espaço desde do R-7, foguete russo que colocou o Sputnik 1 em órbita da terra, sendo assim o primeiro satélite artificial do planeta, passando pelos os foguetes Apollo que levou o homem à lua, até os Falcon 9 que estão povoando o espaço com satélites, a fim de levar internet para todo o planeta.

É notório a evolução que os foguetes tiveram para carregar cada vez mais carga útil com um menor custo possível. As partes aerodinâmicas, de motores e combustíveis, principalmente, passaram por tantas mudanças, que podemos falar até em uma nova era de foguetes, visto que estamos passando por uma fase de reaproveitamento do material lançado. E a fica a dúvida, até onde podemos chegar?

No próximo capítulo será retratado a metodologia e em seguida o referencial teórico que sustenta este trabalho. Posteriormente termos o desenvolvimento, este está dividido em seis partes que descreve sobre cada um dos temas desse projeto, sendo elas: histórico, avanços, impacto, inovações na engenharia, física e material didático. Por fim temos a conclusão e as referências do trabalho.

2 METODOLOGIA

Este trabalho se configura-se como pesquisa exploratória, pois “tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias” (GIL, 2008, p. 27). Ainda segundo o autor, este tipo de pesquisa entrega uma visão geral do assunto, que comumente é pouco explorado. Assim, percebemos que este é o tipo de pesquisa apropriada para explorarmos o tema de foguetes, pois buscamos desenvolver um material amplo que está escasso na bibliográfica portuguesa.

O delineamento da pesquisa é bibliográfico, pois será “desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos” (GIL, 2008, p. 50). A seleção do material online foi realizada com base no uso de palavras chave sobre o tema através, principalmente, do buscador Google Acadêmico. Outrossim, também foram utilizados os artigos disponíveis nos sites das principais agências de foguetes mundiais.

Durante as buscas encontramos bastante dificuldades na coleta do material, pois quando se refere a foguetes os artigos são majoritariamente relacionados a lançamentos com materiais de fácil acesso ou reaproveitáveis. Portanto, tivemos que refinar as palavras chave da busca e procurar cada material de forma separada. Por exemplo, na busca pelo histórico da evolução dos foguetes, encontramos 5 (cinco) livros e 3 (três) dissertações que foram úteis, de um total de cerca de 40 materiais revisados.

Outrossim, alguns dados específicos referentes a foguetes e economia não foram encontrados em nenhum material revisado, portanto tivemos que acessar sites que tratavam especificamente do assunto. Referente a economia, buscamos no site da Casa Branca americana os gastos com os diversos departamentos governamentais. Vale ressaltar que fizemos uma busca refinada sobre os gastos da URSS, em sites do governo do russo, nos buscadores de pesquisas utilizando diferentes línguas, mas não encontramos resultados sobre as buscas.

Sobre dados específicos dos motores, massa dos foguetes, combustíveis e afins, encontramos dois artigos que tratavam sobre o assunto, mas eram específicos de outros foguetes, portanto preferimos por utilizar o próprio site da agência espacial americana e outros dois sites: Stringerfixer, que tem um vasto conteúdo sobre especificações de cada foguete e AeroFlap, um site brasileiro que tem bastante informações sobre aviação no geral.

Por ser uma pesquisa exploratória, de natureza aplicada pois “tem como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos” (GIL, 2008, p. 27), a análise dos dados foi realizada prioritariamente de forma qualitativa, interpretando e contextualizando as informações, de modo a facilitar o entendimento sobre o tema.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Quando falamos sobre foguetes no meio educacional, principalmente na área de física da educação básica, é comum nos referimos aos trabalhos que envolvem lançamentos de foguetes, principalmente, com garrafas pets, como vemos nos trabalhos de Setti et al (2016), Cuzinato et al (2015) e Da Rosa et al (2018). Mas, neste trabalho em específico não iremos tratar sobre lançamento de foguetes de baixo custo.

Assim como Santos (2021) traz no desenvolvimento inicial do seu trabalho, também pretendemos apresentar um contexto histórico dos foguetes, desde das primeiras tentativas de lançamentos até os dias atuais. Mas não iremos nos preocupar apenas com a descrição dos acontecimentos, além disso almejamos discutir os avanços tecnológicos desses veículos e os impactos que eles causaram na sociedade.

Na literatura básica estão escassos os trabalhos referentes aos impactos econômicos que o mercado de lançamentos de foguetes pode proporcionar, seja para a comunidade local ou para todo o país. No seu trabalho mais recente Costa (2021), informa os anseios que a comunidade de Alcântara tem com a base local de lançamento após a parceria entre Brasil e EUA firmada em 2019. A expectativa que a economia local tenha um grande crescimento se realmente tivermos atividades na base de lançamento.

Fica claro a partir das discussões que esse tema relacionado a foguete é bastante abrangente, quando passamos a observar e discutir os detalhes referentes a ele, pois envolve Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Portanto, quando direcionamos para o ensino, esse conteúdo pode ser bastante eficiente no quesito educacional, instigando os alunos a pensarem sobre os diversos fatores que envolvem esse assunto, como informa em seu trabalho Ribeiro et al (2011).

Assim, como forma de facilitar a compreensão do tema e podendo ser usado como ferramenta educacional, preparamos um cartaz com as principais informações histórica do trabalho. Como alerta Matos (2006), por mais que seja presente em sala de aula, há uma certa escassez na bibliografia do uso de cartazes na prática, mas sabemos do potencial dessa ferramenta didática e ela oferece uma alternativa para o material complementar que pode ser explorado no ensino.

4 REVISÃO HISTÓRICA E APRESENTAÇÃO DO CARTAZ

4.1 HISTÓRICO

O foguete tal qual como conhecemos atualmente teve sua primeira aparição na China. No início do século XIII, os mongóis travaram uma guerra contra os chineses, o embate ficou conhecido como a batalha de Kai-Keng. Em 1232, ainda durante a batalha, os chineses contiveram o avanço dos mongóis lançando contra eles inúmeras “flechas de fogo” (MACHADO, 2006).

Segundo alguns historiadores, essas flechas na verdade eram foguetes que consistiam em um tubo com pólvora dentro, preso a flecha. O tubo tinha uma extremidade fechada e outra aberta, quando a pólvora era acionada, a liberação rápida de fumaça pela extremidade do tubo aberta dava ao foguete uma propulsão, que fazia-o subir e seguir a direção para qual foi apontado.

Figura 1: Soldado Chinês lançando Foguete

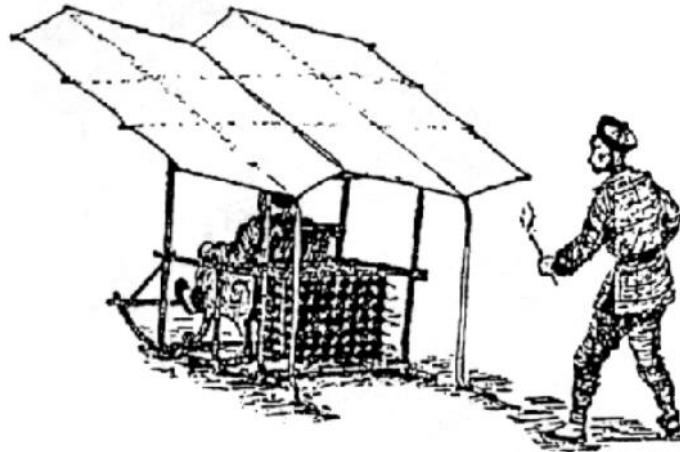


Fonte: Foguetes / NASA. 2001.

Não se sabe ao certo a eficiência deste equipamento, mas os mongóis conseguiram conquistar o território chinês e ficaram por lá mais de um século. Após a batalha de Kai-Keng, os mongóis passaram a produzir seus próprios foguetes e provavelmente divulgaram essa tecnologia pela Europa. Nos séculos seguintes (XIV e XV) há diversos registros de teste utilizando tubos e pólvora (NASA, 2001).

Nos anos seguintes os foguetes entraram em desuso como arma de guerra, mas, segundo o site da NASA, há uma lenda antiga que o chinês Wan-Hu montou um meio de transporte aéreo, que consistia em uma cadeira com a 47 foguetes e duas pipas fixados nela. Com a ajuda de alguns assistentes, Wan-Hu deu a ordem de ascender todos os 47 foguetes. Houve uma explosão inicial e uma grande nuvem de fumaça. Após esse momento não se sabe o que aconteceu com Wan-Hu.

Figura 2: Representação do Foguete de Wan-Hu



Fonte: Foguetes / NASA. 2001

Os avanços na área de foguetes que tivemos nos anos seguintes se deu graças ao trabalho *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Princípios Matemáticos da Filosofia Natural), publicado pelo Sir Isaac Newton (1645-1727) em 1687. Neste livro, Newton descreveu a base da mecânica clássica, assim como as três leis, deduz as leis de Kepler e a Lei de Gravitação Universal.

Com base neste trabalho, os pesquisadores conseguiram aprofundar os estudos na área, como prevê o funcionamento de foguetes no espaço, o que não era claro na época; maximizar o lançamento e perceber que era possível manter um corpo em órbita da terra (satélite artificial) a partir de um lançamento terrestre.

Vários astronautas se destacaram nos anos seguintes por suas contribuições no campo. Dentre eles podemos citar: Konstatin Tsiolkovsky, Robert Goddard, Hermann Oberth e Von Braun. Eles trabalharam sobre foguetes na mesma época, mas em locais diferentes.

O russo Konstatin Tsiolkovsky (1857-1935) teve um problema auditivo na sua infância, o que comprometeu quase que por completo sua audição. Devido a isso, ele encontrou refúgio nos livros que tinha em casa e ficou encantado com a astronáutica. No final do século XX, ele publicou o trabalho “A exploração do espaço cósmico com ajuda de aparelhos propulsores à reação” que falava sobre o uso de combustíveis líquidos. Em outros trabalhos, com aperfeiçoamentos deste, ele também descreve a velocidade de escape para foguetes, ficar fora da nave no espaço, viagem para outros planetas e equipamentos para controle de orientação.

Tsiolkovsky contribuiu bastante no campo teórico, ao deduzir a equação de foguetes ele mostrou a propulsão ganhar pelos foguetes de acordo com a queima de

combustíveis. Tsiolkovsky também projetou foguetes carregando ser humano na parte superior dos foguetes, algo que só foi visto mais de 50 anos depois (NOGUEIRA et al, 2009).

O americano Robert Goddard (1882-1945), inspirado em obra de ficção e em astrônomo, imaginava uma viagem a Marte. Para isso ele se formou em Física e alguns anos depois publicou o trabalho “A Method Of Reaching Extreme Altitudes” (Um Método Para Atingir Altitudes Extremas) em 1919. Neste trabalho, Goddard descreve o uso de combustíveis, expressões matemáticas para voos com foguetes e propõe ainda que tal meio seria o mais viável para uma viagem a lua.

Além do trabalho teórico, Goddard fez muitos experimentos com foguetes e é atribuído a ele o primeiro lançamento de foguete com combustível líquido. Tal feito aconteceu em 16 de março de 1926 e o foguete conseguiu o feito de subir 12,5 metros e voou por 2,5 segundo. Por mais que esses valores sejam pequenos eles já apontavam que era possível utilizar propelente líquido para propulsionar foguetes (NOGUEIRA et al, 2009).

Figura 3: Goddard ao lado do seu foguete



Fonte: Internet / nasa.gov

O romeno Hermann Oberth (1894-1989) se mudou para a Alemanha e em 1923, escreveu o livro “Os foguetes no Espaço Interplanetário”. Com esse trabalho ele ganhou bastante destaque na Alemanha e chamou a atenção de muitos jovens, inclusive de Von Braun. Quase uma década depois, Oberth e Von Braun estavam trabalhando juntos para o exército alemão na construção de foguetes (PREADO, 2007).

O alemão von Braun (1912-1977), demonstrava desde pequeno suas aptidões para construção de foguetes. Ainda na adolescência, ele construiu um aparato com seis foguetes e um brinquedo e lançou ao alto, causando espanto nos moradores da cidade. Entretanto, ainda na escola fundamental, von Braun não demonstrava interesse por Física e Matemática, mas, ao lê livros relacionados a foguetes ele mudou completamente e em 1934 terminou seu doutorado em Física (PREADO, 2007).

Devido a sua tese ser sobre foguetes de combustível líquido, von Braun passou a trabalhar junto ao exército alemão na construção de foguetes. A sua equipe foi a responsável por desenvolver o foguete V-2 (Vergeltungswaffe – que significa arma de vingança) que foi lançado sobre o território da Inglaterra em 1944, pelo exército nazista. Von Braun foi preso pelos nazistas ao declarar que o foguete V-2 seria para viagens espaciais, mas, devido a sua influência no desenvolvimento foi solto alguns dias depois. Em 1945, von Braun junto com sua equipe se rendeu aos Estados Unidos da América.

Figura 4: Lançamento foguete V-2



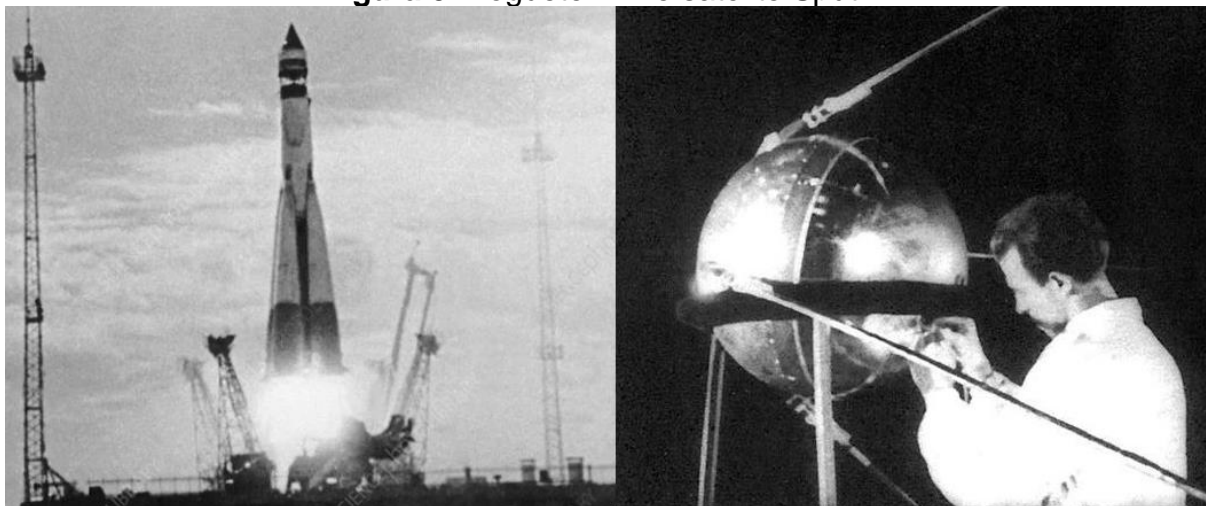
Fonte: Internet / dobraespacial.com.br

Além dos EUA, a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) também estava interessada nos foguetes desenvolvidos pelos alemães utilizados durante a segunda guerra mundial. Portanto, em 1946, o líder Stalin (1878-1953) mandou Sergei Korolev (1907-1966) junto com a sua equipe coletar informações e materiais do foguete do V-2.

Korolev era considerado um dos principais engenheiros do país e já havia participado de lançamento de foguetes pelos soviéticos. Com base nas informações coletadas do V-2, Korolev, junto com sua equipe, desenvolveu o foguete R-7, o

primeiro foguete que poderia ser utilizado como míssil balístico intercontinental e poderia levar carga pesadas para baixa atmosfera. Em outubro de 1957, o Foguete R-7 foi utilizado para lançar o primeiro satélite artificial da terra, o Sputnik 1. Um mês depois os soviéticos também lançaram a cadela Laika ao espaço.

Figura 5: Foguete R-7 e satélite Sputnik



Fonte: Internet / dobraespacial.com.br

Do lado americano a população ficou assustada com o poder da URSS de fazer dois lançamentos de foguetes ao espaço em dois meses. Assim, o governo americano exigiu da marinha uma resposta rápida. Então, em dezembro de 1957 houve uma tentativa frustrada da marinha americana de lançar o satélite Vanguard que estava sendo desenvolvidos por eles. O foguete explodiu dois segundos após o lançamento.

Von Braun, junto com sua equipe, já estavam desenvolvendo um foguete, o Jupiter-C, inspirado no foguete V-2 alemão que também foi desenvolvido por ele. Em janeiro de 1958, os americanos lançaram seu primeiro satélite artificial, o Explorer 1, que tinha a massa de 14kg, enquanto o satélite russo Sputnik 1 tinha a massa de 80kg (NOGUEIRA et al, 2009).

Com a corrida espacial instaurada, os soviéticos sob comando de Korolev, com respaldo do então governo, construiu a nave Vostok 1 que levou Yuri Gagarin (1934-1968) em 1961 a dá a primeira volta ao redor da terra. A viagem durou menos de 2h, mas foi a primeira vez em que o homem observava a terra do espaço e concluía que ela era azul.

Na época ficou claro para os americanos que os soviéticos estavam na frente deles no que se referia a tecnologia espacial. Então, o presidente americano John Kennedy, em 1961, junto com a NASA, encaminhou um projeto para mostrar a soberania americana: levar o homem à lua até o final da década. O projeto foi dividido

em 3 programas: Mercury, Gemini e Apollo. Vale ressaltar que antes desse projeto americano, os russos já tinham enviados três sondas lunares, inclusive, a sonda terceira (Lunik 3) em 1959, capturou fotos do lado oculto da lua.

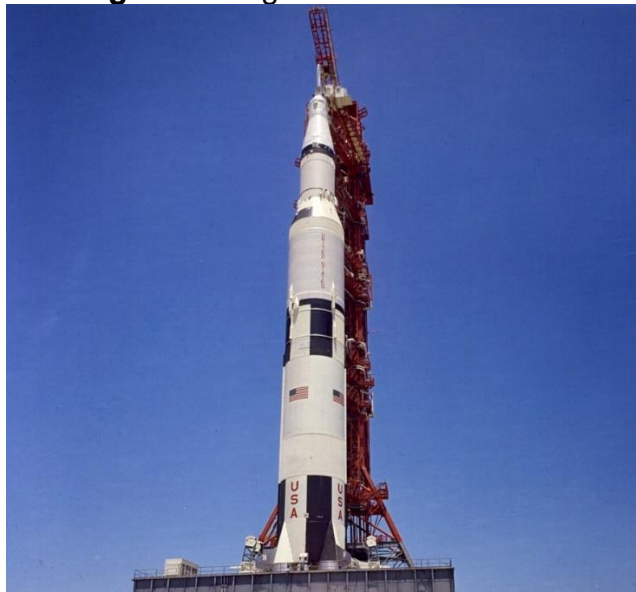
O programa Mercury tinha como objetivo colocar uma nave tripulada ao redor da terra, coletar dados sobre a capacidade humana de ficar no espaço e trazê-los de volta à terra com segurança. Assim, em 1961, Alan Shepard (1923-1998) foi o primeiro americano a visitar o espaço na sonda Freedom, enviada pelo o foguete Redstone. No ano seguinte, John Glenn (1921-2016) foi o primeiro americano a ficar em órbita, repetido o feito russo. Ao total foram seis missões tripuladas e dois tipos de foguetes utilizados: Redstones e Atlas (NASA, 2017).

O programa Gemini tinha a missão de fazer viagens de longa duração, acoplar veículos no espaço, melhorar o pouso e entender os efeitos sobre o corpo humano nessas viagens. O projeto tem esse nome porque a capsula tinha a capacidade de levar duas pessoas para orbita da terra. Foram realizados diversos testes, mas destacamos a missão Gemini IV, em que o astronauta Edward White (1930-1967) realizou uma Atividade Extra Veicular (AEV), em 1965, ou seja, saiu da nave por 23 minutos, ele estava preso por um cordão umbilical a nave. Os russos já tinham conseguido tal feito alguns meses antes, quando Alexei Leonov (1934-2019) saiu da nave por alguns minutos. O foguete Titan foi o responsável por enviar essas naves ao espaço.

O programa Apollo enfim tinha como objetivo principal levar o homem ao solo lunar, além de mostrar a soberania americana e exploração científica na lua. Neste momento histórico, os americanos sob comando de Von Braun já tinham desenvolvido o foguete Saturn V, que foi o responsável por comandar as missões do programa. O primeiro voo do programa em 1967, Apollo 1, infelizmente não aconteceu pois o módulo de comando (CM) foi incendiado em um teste. Tal incêndio ocasionou a morte de três astronautas, incluído Edward White.

Foram realizados diversos outros testes com o foguete Saturn, do módulo lunar e do módulo de comando e serviço nas missões seguinte do programa Apollo, até que em 1969, a missão Apollo 11 finalmente conseguiu pousar o módulo lunar (LM) no nosso satélite natural. Após o repouso do módulo, Niel Armstrong (1930-2012) pisou na lua e alguns minutos depois Edwin Aldrin (1930-2012) o seguiu. O evento foi transmitido na TV para todo o mundo.

Figura 6: Foguete Saturn V



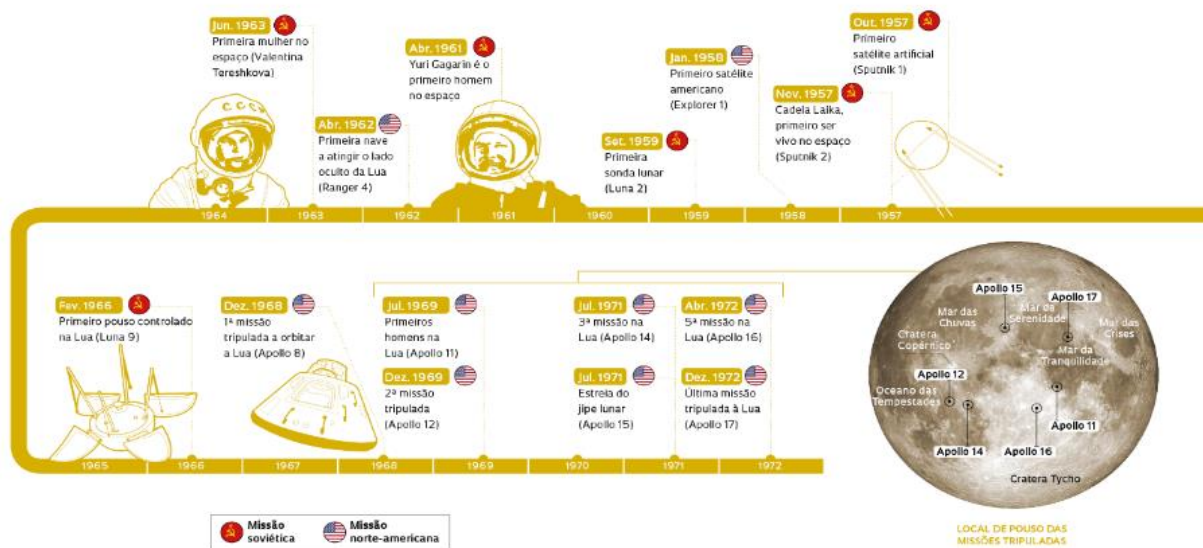
Fonte: Internet / nasa.gov

Antes de conseguir realizar o pouso em solo lunar foram realizados diversos testes, com vários foguetes, módulos, tripulantes, equipamentos de observação, enfim, uma longa coleta de dados para poder levar e trazer de volta, os tripulantes com segurança. Além da Apollo 11, tivemos mais 5 missões Apollo tripuladas com pouso na lua (NASA, 2018)

A linha do tempo a seguir mostra os principais acontecimentos da corrida para demonstrar a supremacia espacial.

**Figura 10: Linha do tempo
Pioneiros no espaço** ▲

Soviéticos lideraram os primeiros anos da disputa com os norte-americanos



Fonte: Infográfico Alexandre Affonso / revistapesquisa.fapesp.br

4.2 AVANÇOS

Com a evolução dos foguetes é notório a evolução nas cargas úteis levadas por eles até o espaço. Considerando o Foguete russo R-7 como o primeiro a colocar um satélite em órbita da terra (Sputnik), a carga útil carregada por este foguete foi de 80 kg, um valor bastante expressivo, visto que meses depois os americanos lançaram um foguete com seu primeiro satélite de massa aproximada em 14 kg, ou seja, cerca de 6 vezes menor que a massa do satélite colocado em órbita pelos russos.

Nesse meio tempo, entre os lançamentos dos satélites Sputnik e Explorer, tivemos o primeiro ser vivo lançado ao espaço, a cadela Laika, em 1957. Esse foi um momento de vitória, pois mostrou para a humanidade que seria possível de nos chegarmos também lá. Infelizmente não foi feito um plano de voo para a volta da cadela a terra.

Com o sucesso no lançamento da cadela, em 1961, tivemos o primeiro homem no espaço, Yuri Gargarin. Este é um marco histórico, pois além de lançamos satélites e sondas, estava aberta as portas para levarmos humanos ao espaço para realizar os mais diversos tipos de experimentos. Dois anos após, os russos também lançaram a primeira mulher ao espaço, Valentina Tereshkova. Os dois retornaram a terra com segurança após os voos.

Os programas Gemini (USA) e Voskhod (URSS) foram os primeiros com o propósito de levar mais de um humano ao espaço. Em 1964, a missão Voskhod 1, que era uma versão aprimorado da missão Vostok 1, enviou três cosmonautas ao espaço. O programa Gemini fez diversas missões teste com dois astronautas a borda das naves. A missão Apollo, que surgiu após o fim da missão Gemini, enviou três astronautas ao espaço, dois deles pousando na Lua.

Após o sucesso com as missões Apollo, a nova ambição americana era de torna o espaço um local acessível, então, surgiu a ideia de criar um ônibus espacial para levar mais pessoas em um único voo. No início da década de 1980, tivemos o primeiro voo com o ônibus espacial Columbia, que foi acoplado a um foguete e lançado ao espaço. Os ônibus espaciais tinham a capacidade de levar até 7 pessoas e era reaproveitável. Devido a alguns acidentes que aconteceram ao longo da história, levando a morte de astronautas, este veículo entrou em desuso.

Mas os ônibus espaciais não foram os únicos veículos aeroespaciais reaproveitáveis, muito tempo antes deles, em 1931, os alemães Reinhold Tiling e Karl Poggensee lançaram o primeiro foguete reaproveitável. O foguete subiu cerca de 300

metros e retornou ao solo. A ideia na época era fazer correio continental com este veículo.

Atualmente, as empresas Blue Origin e SpaceX estão envolvidas em projetos de foguetes reaproveitáveis e já fizeram bastantes voos com sucesso. A Blue Origin está lançando o foguete New Shepard, sua capsula tem capacidade para 6 (seis) pessoas, a missão é levá-las até o espaço, cerca de 100 km de altitude e retornarem à terra. Enquanto a SpaceX está lançando o foguete reaproveitável Falcon 9 com a missão Starlink, com a capacidade de carregar mais de 60 satélites de internet por viagem.

4.3 IMPACTOS

Em 1961, o então presidente americano John Kennedy encaminhou a NASA a missão de levar o homem à lua até o final da década. Analisando os dados econômicos disponíveis no site da Casa Branca americana, percebemos que entre 1962 e 1969, ano em que o homem pousou na lua, foram destinados mais de 33 bilhões de dólares, fazendo uma correção inflacionária e levando em conta o valor do dólar em 1969, esse valor seria o equivalente a cerca de 230 bilhões de dólares atuais, sendo que boa parte desse valor foi destinado diretamente a missão lunar.

Para termos uma ideia do engajamento americano nesse projeto, neste mesmo período de 1962 a 1969, o governo destinou mais dinheiro para a NASA do que para o departamento de Educação. Em 1966, por exemplo, a NASA foi o quarto departamento que mais recebeu investimento do governo americano, ficando à frente de departamentos como o de educação, saúde, transporte e agricultura.

Analisando esses dados, cabe uma discussão sobre esses valores investidos no projeto lunar, se era realmente necessário tal investimento e prioridade na exploração da lua em detrimento de outras áreas, como saúde e educação. Mas, sabemos dos ganhos científicos com essa exploração, dado todos os experimentos realizados e todos os materiais que foram desenvolvidos nessa época, além de que esse investimento fomentou bastante a economia local.

Na década seguinte, se analisarmos um mesmo período, para fazermos uma comparação entre os valores investidos, percebemos que entre 1972 e 1979, foram destinados para NASA um pouco mais de 30 bilhões de dólares, fazendo uma correção inflacionária e levando em conta o valor do dólar em 1979, esse valor é equivalente a cerca de 100 bilhões de dólares atuais. Ou seja, já na década seguinte,

o investimento para a agência espacial caiu pela metade, e este é um forte indicador que toda aquela prioridade dada a missão lunar pode ter sido um impulso governamental.

Nesta mesma década de 1970, o investimento destinando a educação, por exemplo, foi mais de duas vezes maior do que o investimento destinado a NASA, e o investimento destinado a saúde foi mais de dez vezes maior, mostrando que a prioridade do governo americano passou a ser novamente em serviços básicos, deixando um pouco de lado aquele que foi destaque na década passada.

Nos últimos anos, na década de 2010, o investimento do governo americano destinado a NASA tem girado em torno de 18 bilhões de dólares. Em 2020 há a estimativa de 21 bilhões de dólares investido. O gasto por ano do governo americano com a NASA tem representado cerca de 0,5% das despesas totais do governo, enquanto que na época dos programas de exploração lunar os gastos destinados a NASA chegaram a representar cerca de 4,4% das despesas anuais totais.

Entretanto, tomando como exemplo a base espacial de Kourou, situada na Guiana francesa, que é administrada pela Agência Espacial Europeia (AEE), observamos que os investimentos lá retornaram bons frutos a população local. Segundo dados do Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), que é o órgão responsável por coletar os dados econômicos francêss, em 2018, as atividades da base de lançamento representarem 15% do PIB local. O Centro Espacial Guianês (CSG) também é o responsável por gerar boa partes dos empregos locais, seja direta ou indiretamente. Vale ressaltar que, em 2018, o PIB per capital local foi um dos maiores da América Latina, ficando à frente de países como o Brasil e Argentina.

Mas, além dos avanços econômicos causados devido as atividades espaciais, temos também que ressaltar os grandes avanços tecnológicos com impactos sociais que foram frutos diretos ou indiretos dessas atividades espaciais. O principal, com certeza, foi o avanço comunicacional, como as transmissões de TV e a internet em si, que só foram possíveis devido a rede de satélites que temos atualmente, capaz de colocar pessoas em lugares distintos da terra em comunicação praticamente instantâneas. Devemos também ressaltar o sistema de GPS (global Positioning System), que fornece informações sobre a localização e movimentos de corpos com uma boa precisão instantaneamente.

Como ressalta Teracine (2009, p. 46), a exploração espacial trouxe diversos benefícios que impactaram diretamente diversas atividades sociais, dentre elas podemos citar a “meteorologia, a transmissão de TV, a educação, a agricultura, o crescimento industrial, o controle de recursos naturais e da poluição ambiental”. Ou seja, nosso comportamento social, assim como o nosso estilo vida atual, está diretamente ligado a estas atividades espaciais. Já imaginou o mundo atual sem TV e internet?

Ainda segundo este autor, diversos outros produtos foram desenvolvidos para satisfazer a demanda dessas atividades espaciais e posteriormente, com ajustes ou não, estão sendo utilizadas para demandas de atividades terrestres, como o uso da microeletrônica, que é, por exemplo, utilizada em notebooks, smartphones e pcs compactos.

Entretanto, com os diversos lançamento de foguetes, em especial levando satélites, sondas e telescópios, tem causado uma grande preocupação, é que partes deles muitas das vezes ficam no espaço, principalmente em baixa e média altitude, dependendo da missão, e o problema surge exatamente nesse ponto, esses corpos descartados no espacial podem se tornar um problema para as futuras missões, pois podem vir a colidir com os satélites já em órbita ou com os futuros que serão lançados, como alerta Almeida (2019).

Ainda segunda a autora, outro problema que surge desses lixos espaciais são os possíveis choques entre eles, ocasionando menores destroços no espaço com alta velocidade, ou seja, um grande problema para atividades espaciais futuras. Todos esses equipamentos espaciais (satélites, sondas, telescópios) tem uma vida útil e após esse tempo geralmente eles são deslocados para atmosfera terrestre, que faz a função de queimá-los, mas alguns deles ficam sem comunicação antes do fim de sua vida, e, portanto, vagando pelo espaço e o choque com outro corpo que está no espaço é algo que pode causar um devasto prejuízo.

4.4 INOVAÇÕES NA ENGENHARIA

Sabemos de toda a evolução histórica dos foguetes e o que eles nos proporcionaram e ainda proporcionam, mas, sendo bem específico nas melhorias desses veículos, ainda não falamos sobre umas das partes fundamentais, a evolução estrutural dos foguetes.

Podemos começar com o combustível utilizado na queima, ação fundamental para colocar o foguete em movimento e até mesmo realizar manobras durante o voo. Em 1926, Robert Goddard lançou o primeiro foguete movido a combustível líquido, utilizando gasolina como combustível e oxigênio como oxidante, essa composição é conhecida como propelente. Antes de Goddard os foguetes utilizavam combustível sólido para fazerem a propulsão.

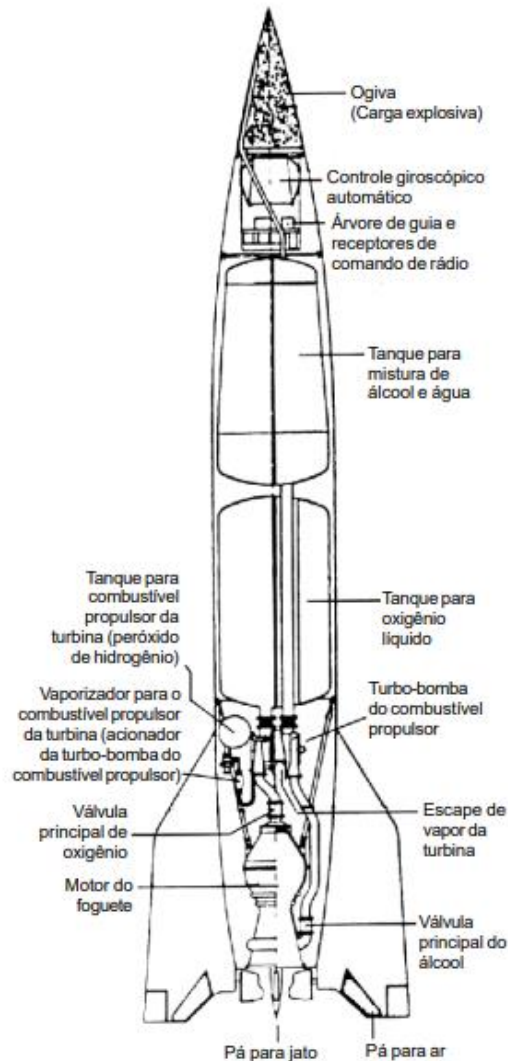
A escolha por combustível sólido ou líquido depende muito do fim para qual a missão do foguete foi designada. Combustíveis sólidos podem ficar armazenados por longo período, mas em contra partida só é possível controlar taxa de queima, ou seja, o quanto será consumido de combustível por um dado período de tempo, geralmente é utilizado em foguetes militares. Enquanto que os combustíveis líquidos possuem uma maior eficiência e é possível ter todo o controle sobre a taxa de queima e uso do combustível.

Nos primeiros usos do combustível líquido, Goddard utilizou uma configuração com os motores em cima e os tanques de propelentes em baixo, algo que trouxe instabilidade para o foguete e baixa ergonomia. Depois de diversos testes, o foguete passou a ter a configuração que é utilizada atualmente, com os motores sob os tanques de propelentes e adicionado a palhetas moveis, para garantir a estabilidade do foguete e giroscópio para controlar altitude.

O foguete de Goddard conseguiu uma altitude no primeiro voo de cerca de 12,5 metros, pode não parecer muito, mas para os padrões da época foi um grande avanço. Na década de 1940, tivemos a exposição para o mundo do foguete V-2, este conseguiu cruzar a linha de Kármán (100 km acima do nível do mar). Assim como o foguete de Goddard, o V-2 também utilizava combustível líquido, numa proporção de 75% de etanol (3.800 kg) + 25% de água e oxigênio (4.910 kg) como oxidante. A massa total do foguete era próxima a treze mil quilos.

Além do álcool e oxigênio, na combustão também era utilizado hidrogênio e sódio. Tanto a água quanto o álcool que foi utilizado na combustão serviam também para resfriar o motor, pois os gases que saiam da câmara tinham a temperatura aproximada de 2.800 °C, portanto, havia necessidade de ter um modo de resfriamento da bomba. Esse modelo de foguete era controlado por feixe de rádio, assim podiam controlar o corte do moto e velocidade. Podemos identificar nos foguetes modernos variais características do modelo de combustão utilizado no V-2.

Figura 8: Estrutura foguete V-2



Fonte: Foguetes / NASA. 2001

A grande evolução nos foguetes e que desafia até os foguetes do século XXI foi visto no Saturn V. Pra começar pelo seu tamanho, 111 metros, com algo novo que não tinha no V-2, os estágios. O Saturn V tinha 3 estágios, todos movidos a combustível líquido, que após o uso era dispensado no espaço, assim tornando o veículo mais leve e conseqüentemente, mais econômico. Com uma massa total carregado de quase 3 toneladas, foi o foguete utilizado nas missões Apollo.

Cada estágio do Saturn V tinha uma composição de motores diferentes e também utilizava uma composição de propelente diferente. O primeiro estágio tinha 5 (cinco) motores Rocketdyne F-1, utilizava combustível RP-1 (querosene refinado) com oxigênio líquido, produzindo um empuxo de 34.000 kN. O segundo estágio também tinha 5 (cinco) motores, só que do modelo Rocketdyne J-2, utilizava hidrogênio líquido e oxigênio líquido, produzindo um empuxo de 4.000 kN.

O primeiro estágio foi responsável por tirar o foguete do repouso e movê-lo até aproximadamente a linha de Kármán, enquanto que o segundo estágio ficou responsável por acelerar o veículo na atmosfera superior, uma zona de praticamente vácuo. Nesses dois estágios, os motores foram distribuídos de tal forma que tinha um motor central fixo e quatro motores nas bordas que poderiam ser redirecionados de forma hidráulica, alteram assim a direção do veículo. O terceiro estágio tinha um único motor J-2 e utilizava o mesmo combustível do segundo estágio.

Por fim, devidos aos custos do uso de foguetes e a percepção que eles eram descartáveis após cada missão, tornou-se necessário reduzir os custos ou reaproveitá-los. Portanto, a principal evolução dos foguetes apresentado no século XXI é a reutilização dos estágios, como é realizado com excelência pela empresa SpaceX no foguete modelo Falcon 9.

4.5 A FÍSICA

Um dos fatores que possibilitou a ampliação dos estudos referentes aos foguetes foi a divulgação do trabalho acadêmico de Newton, especificamente do seu livro “*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*”. Iremos comentar a seguir de forma adaptada alguns conhecimentos básicos físicos observados no lançamento e voo do foguete.

Na base de lançamento o foguete está em repouso, considerando os objetos próximos a ele, nesse momento há um equilíbrio entre a força de gravidade que puxa o foguete pra baixo e a força da base, que empurra o foguete pra cima. Após a ignição dos motores, se produz uma força de desequilíbrio que conduz o foguete pra cima.

O momento inicial do lançamento é o mais tenso, pois há um grande consumo de combustível para gerar empuxo suficiente para que o foguete possa entrar em movimento. Esse é o Princípio da Inércia, um corpo tende a permanecer no seu estado de repouso ou movimento, a menos que uma força de desequilíbrio seja aplicada sobre ele.

Durante o voo há sempre um desequilíbrio entre as forças aplicadas. O empuxo produzido pelos motores conduz o foguete na direção oposta a dos gases expelidos, a força gravitacional continua puxando o foguete em direção ao centro do corpo celeste. Em uma situação na qual o foguete não está sob nenhuma força externa, se os motores foram desligados, ele continuará seu movimento em linha reta.

O movimento do foguete é bastante semelhante ao movimento de um balão de ar com a extremidade aberta. Se um balão de ar cheio tem sua extremidade aberta, o gás sai por ela e o balão assume um movimento no sentido oposto ao qual o gás está sendo expelido, o foguete tem o movimento semelhante. A ação do gás expelido pelos motores do foguete causa uma reação de colocar o foguete em movimento no sentido oposto. Esse é o princípio da ação e reação. Para toda ação há uma reação de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto.

Os foguetes no geral possuem uma grande massa, portanto, durante o lançamento tem-se a necessidade de um grande empuxo produzido pelos gases expelidos para que o coloque em movimento, ou seja, o empuxo produzido pelos gases tem que ser maior que o peso do foguete. A forma na qual se consegue esse alto valor de empuxo é com uma grande velocidade de exaustão dos gases.

Utilizando a segunda lei de Newton, de uma forma adaptada para foguetes, no instante antes de iniciar a subida temos a seguinte igualdade: o peso do foguete é igual a força de empuxo dos gases ($P = F_{emp} \gg m_{foguete} \cdot g = m_{gases} \cdot a_{gases}$). Com o passar do tempo a massa do foguete tende a diminuir, pois os reservatórios de combustíveis estão sendo utilizados, conseqüentemente, mantendo a mesma velocidade de exaustão dos gases, o veículo tende a assumir uma maior velocidade.

Durante o voo, em grandes altitudes, a força gravitacional é menor e a massa do foguete também é menor, comparada com a massa que tinha no momento do lançamento, portanto o consumo de combustível é reduzido e qualquer exaustão de gás é suficiente para alterar a direção do movimento do foguete. Em um local de vácuo e com baixíssima gravidade essa condição é maximizada e uma pequena exaustão de gás, que não precisa ser necessária dos motores principais, é o suficiente para mudar a direção do veículo. Portanto, no espaço o foguete funciona melhor do que próximo a terra.

4.6 MATERIAL DIDÁTICO

Sabemos que na educação básica não temos nenhuma disciplina específica sobre o tema retratado neste trabalho, mas isto não é motivo para desprezarmos todo este conteúdo e não incluímos na grade educacional. Este conteúdo de foguete, retratando todo o conteúdo históricos, impactos econômicos, ambientais e sociais podem ser trabalhados em diferentes disciplinas de forma isolada, como em História,

Geografia e Física, ou melhor, pode ser um tema interdisciplinar que envolva todas essas disciplinas, pois, além de tudo esse conteúdo envolve questões CTSA.

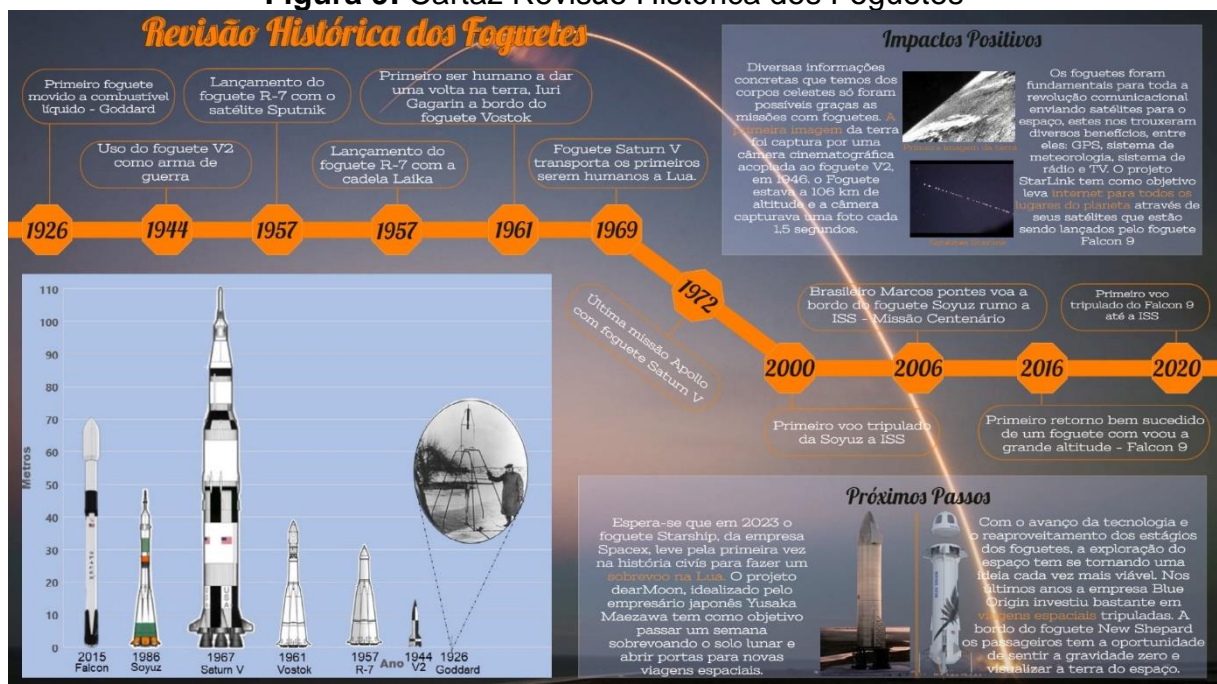
No ensino de Física, em específico, podemos explorar esse conteúdo em diversos momentos, inclusive no início do curso de Física 1, com mecânica básica, as três leis de Newton podem ser exploradas a partir da dinâmica do lançamento de foguetes. Outrossim, também é possível trabalharmos durante o conteúdo de cinemática, ou mais especificamente, quando estivermos trabalhando a equação de foguetes.

Visto o dinamismo desse conteúdo, e as diferentes formas que podemos encaixar ele durante o planejamento didático, preparamos um cartaz com os principais fatos históricos das viagens aeroespaciais, para que os professores possam utilizar como material complementar nas suas aulas ou até mesmo para que os leitores tenham um resumo do conteúdo explorado neste trabalho.

Aos professores que pretendem utilizar este cartaz saibam que ele é um material complementar a sua aula, ou seja, pode-se partir do conteúdo dele para aprofundar algum tema, seja este tema o do próprio cartaz ou específico da sua disciplina. Outrossim, este material também pode ser utilizado no meio ou fim da sequência de aula, dependendo da sua criatividade na execução.

A seguir o cartaz contendo uma revisão histórica dos foguetes.

Figura 9: Cartaz Revisão Histórica dos Foguetes



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível compreendermos que a evolução histórica dos foguetes teve um grande avanço após a exposição do livro Principia de Newton, mas, os diversos outros trabalhos específicos da área que sugeriram posteriormente também foram importantes para o enriquecimento da engenharia aeroespacial. Vale ressaltar que os trabalhos individuais tiveram sua importância, entretanto, a partir do momento que os governos observaram e entenderam a importância desse veículo espacial, o trabalho em grupo, com os devidos investimentos governamentais e privados, rendeu muitos mais frutos. Talvez estamos entrando em uma nova corrida espacial, desta vez que não depende de recursos governamentais e com foco na exploração do espaço.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho conseguimos completar os objetivos proposto, visto que descrevermos uma linha do tempo de acontecimentos em relação aos foguetes, e além disso, discutimos diversos outros fatores interligados a esses veículos aeroespaciais, como fatores econômicos, sociais e ambientes. Fica claro que para as comunidades locais próximas as bases de lançamento que a economia é alavancada, mas cabe a discussão se vale a pena todo o investimento governamental quando se trata de um retorno para todo o país. Outro ponto a ser discutido é as questões ambientais, tanto de poluição próximas as bases de lançamento, quanto de objetos que ficam descontrolados a grandes altitudes.

Para este tipo de pesquisa, que visa a descrição dos fatos e discussões sobre fatores específicos, percebemos que o modelo de metodologia adotado foi o suficiente para tratamos sobre o assunto. A pesquisa de material digital através do google acadêmico facilita a busca e traz o necessário, visto que esse conteúdo ainda é pouco explorado em livros físicos. Outrossim, quando tratamos de alguns pontos específicos do trabalho, como as discussões sobre os impactos, encontramos bastante dificuldade na coleta de material acadêmico, portanto tivemos que procurar dados em sites governamentais para debater o assunto.

Como produto de todo o material descrito, o cartaz didático pode ser uma ferramenta útil para o trabalho do professor em sala de aula, este pode ser usado em diferentes disciplinas ou se preferir, de forma interdisciplinar. Aos leitores também fica uma forma de revisar o conteúdo histórico da evolução dos foguetes sem ter que fazer a leitura novamente. A partir do cartaz é possível extrair diversas discussões e até mesmo aprofundamento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rossana Tavares de. **Exploração Do Meio Ambiente Cósmico e o Problema do Lixo no Espaço Ultraterrestre**: Uma Equiparação Entre o Direito Ambiental e o Direito Espacial. 2019. 79 f. Monografia (Graduação) - UFPB/DCJ. 2019. Disponível em:
<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/16573/1/RTA16102019.pdf>. Acesso em 02 de junho de 2021.

COSTA, Liviomar Macatrão Pires. Políticas Públicas para o Desenvolvimento da economia local, o Centro Espacial de Alcântara e sua abertura para o Mercado mundial. **REVISTA DEBATES EM ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA**, v. 2, n. 8, 2021. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/redap/article/view/6181>. Acesso em 05 de abril de 2022.

CUZINATTO, Rodrigo Rocha et al. Rocketeers: o ensino de Física através do lançamento de foguetes artesanais. **Revista Ciência em Extensão**, UNIFAL-MG, v. 11, n. 3, p. 40-62, 2015. Disponível em:
https://ojs.unesp.br/index.php/revista_proex/article/view/1187. Acesso em 05 de abril de 2022

DA ROSA, Juliana Aozane et al. Conceitos Físicos e Matemáticos no Lançamento de Foguetes de Garrafa Pet. **Feira Regional de Matemática**, v. 1, n. 1, 2017. Disponível em:
<https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/feiramatematica/article/view/9243>. Acesso em 05 de abril de 2022.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

MACHADO, João Felisardo. **Utilizando as ciências espaciais e a astronáutica na construção de atividades práticas em ensino de física**. 2006. 88 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2006. Disponível em:
<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/16120/1/JoaoFelisardoM.pdf>. Acesso em 05 de abril de 2022

MATOS, João Carlos. **Cartaz didático**. 2006. Disponível em:
http://195.22.21.182/bitstream/20.500.11796/892/2/Cad4_CartazJoaoMatos.pdf. Acesso em 05 de abril de 2022

NASA, Content Administrator. Apollo. **NASA**, 2018. Disponível em:
https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/Apollo-Saturn-Uncrewed.html. Acesso em 20 de maio de 2021.

NASA, Content Administrator. Project Mercury. **NASA**, 2017. Disponível em:
https://www.nasa.gov/mission_pages/mercury/missions/objectives.html. Acesso em 20 de maio de 2021.

NASA. **Foguetes**: Manual do Professor com Atividades de Ciências, Matemática e Tecnologia. traduzido pela Universidade do Vale do Paraíba. — São José dos Campos: Univap. 2001.

NOGUEIRA, Salvador et al. **Astronáutica**: ensino fundamental e médio. Coleção Explorando o ensino; v. 12. Brasília: MEC, SEB; MCT; AEB, 2009.

PREADO; Antonio Fernando Bertachini De Almeida. **A Conquista do espaço**: do Sputnik a Missão Centenário. Editora Livraria da Física, 2007.

RIBEIRO, Thiago Vasconcelos. et al. O ensino por pesquisa no Ensino Médio: Discussão de Questões CTSA em uma Alfabetização Científico-Tecnológica. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, 2011. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0610-1.pdf. Acesso em 05 de abril de 2022

SANTOS, Maria Jessica da Silva. **Lançamento de foguete de garrafa PET**: uma atividade metodológica / Maria Jessica da Silva. – Arapiraca, 2021. 41 f.: il. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Arapiraca, 2021. Disponível em: <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/3604>. Acesso em 05 de abril de 2022

SETTI, Elenice Josefa Kolancko et al. Modelagem Matemática e Física: uma experiência com foguetes. **Encontro Nacional De Educação Matemática**, v. 12, p. 1-12, 2016. Disponível em: http://www.sbembrasil.org.br/enem2016/anais/pdf/5659_2533_ID.pdf. Acesso em 05 de abril de 2022.

TERACINE, Edson Baptista. Os benefícios sócio-econômicos das atividades espaciais no Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 4, n. 7, p. 43-74, 2009. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/80/73. Acesso em 27 de maio de 2021.