

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA



FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES

CURSO ASTRONÁUTICA
E CIÊNCIAS DO ESPAÇO



VEÍCULOS ESPACIAIS

Danton José Fortes Villas Bôas (IAE/CTA)

José Bezerra Pessoa Filho (IAE/CTA)

José Guido Damilano (IAE/CTA)



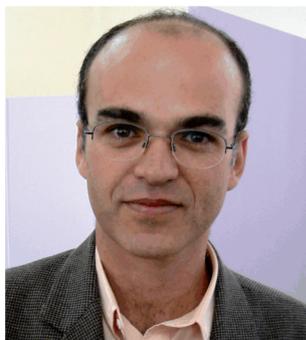
Ministério da
Educação

Ministério da
Ciência e Tecnologia



Formação Continuada de Professores
Curso Astronáutica e Ciências do Espaço
Módulo Veículos Espaciais

Autores:



José Bezerra Pessoa Filho é Engenheiro Mecânico formado na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), com mestrado no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e doutorado na Universidade Estadual da Pensilvânia. Há 18 anos trabalha no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE/CTA), onde chefia da Divisão de Sistemas Espaciais. No período 2000-2002 foi o coordenador do Curso Superior Seqüencial em Tecnologia Aeroespacial, na Universidade do Vale do Paraíba. Desde 2004 é representante do IAE no Conselho Técnico-Científico do Programa Uniespaço da

Agência Espacial Brasileira (AEB) e colabora também, com o Programa AEB Escola. É membro da Comissão Organizadora da Olimpíada Brasileira de Astronomia e de Astronáutica (OBA), da Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas (ABCM), da Associação Brasileira de Cultura Aeroespacial (ABCAer), do American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) e da Associação Aeroespacial Brasileira (AAB).



Danton José Fortes Villas Bôas é Engenheiro Industrial Mecânico formado em 1984 pela Escola de Engenharia Industrial de São José dos Campos (SP). Possui mestrado em Técnicas Aeronáuticas e Espaciais pela Escola Nacional de Aeronáutica e Espaço na França em 1988 e é especialista em Motores de Propulsão Líquida pelo Instituto de Aviação de Moscou em 1998. Atua desde 1985 no Instituto de Aeronáutica e Espaço em diversos projetos de veículos espaciais, em particular em vários foguetes de sondagem das famílias Sonda e VS, no VLS-1, na Plataforma Orbital recuperável

SARA e no Programa Cruzeiro do Sul. É membro da Comissão Organizadora da Olimpíada Brasileira de Astronomia e de Astronáutica (OBA) e da Associação Aeroespacial Brasileira (AAB).



José Guido Damilano é Engenheiro Civil pela Universidade de Taubaté. Possui Mestrado Engenharia Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Em 1993 obteve o título de Ph.D. Engenharia Aeronáutica pela Rensselaer Polytechnic Institute, EUA. É pesquisador titular da Divisão de Sistemas Espaciais do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE/CTA). Prestou consultoria junto a empresas de engenharia. Atua como professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté. Lecionou nos programas de pós-graduação do INPE e da Universidade do

Vale do Paraíba. É consultor da AEB junto ao Programa UNIESPAÇO e colabora também com o Programa AEB Escola. Atua no Movimento Escoteiro e seus interesses são: astronomia, modelos de foguetes, violão acústico, piano e judô, não necessariamente nessa ordem.



SUMÁRIO GERAL

03 1. O CONTEXTO HISTÓRICO DA CORRIDA ESPACIAL

- 5 Resumo
- 7 Motivação
- 9 Explicações preliminares
- 11 Introdução
- 15 I e II Guerras Mundiais
- 21 A Guerra Fria
- 29 A Corrida Espacial
- 33 O mês de Outubro
- 35 Rumo à Lua
- 43 O Pós Lua
- 49 A queda do Muro de Berlim
- 51 De volta ao espaço
- 55 O Astronauta Brasileiro
- 57 Tem cara nova no espaço
- 63 O estágio atual e as perspectivas
- 73 Conclusões
- 75 Referências
- 79 Apêndice: Carta de Einstein a Roosevelt

81 2. O VEÍCULO LANÇADOR DE SATÉLITES - VLS-1

- 83 Resumo
- 85 A história dos foguetes
- 89 A teoria dos foguetes
- 95 Retrospectiva do desenvolvimento dos foguetes no Brasil

101 Foguetes

105 O Veículo Lançador de Satélites - VLS- I

111 A ficção científica virando fato científico

115 O futuro do Programa de Lançadores no Brasil

117 Referências e bibliografia recomendada

119 3. OFICINA

121 Mini-Foguetes que voam com água e ar comprimido

123 Código de segurança para lançamento de foguetes à água

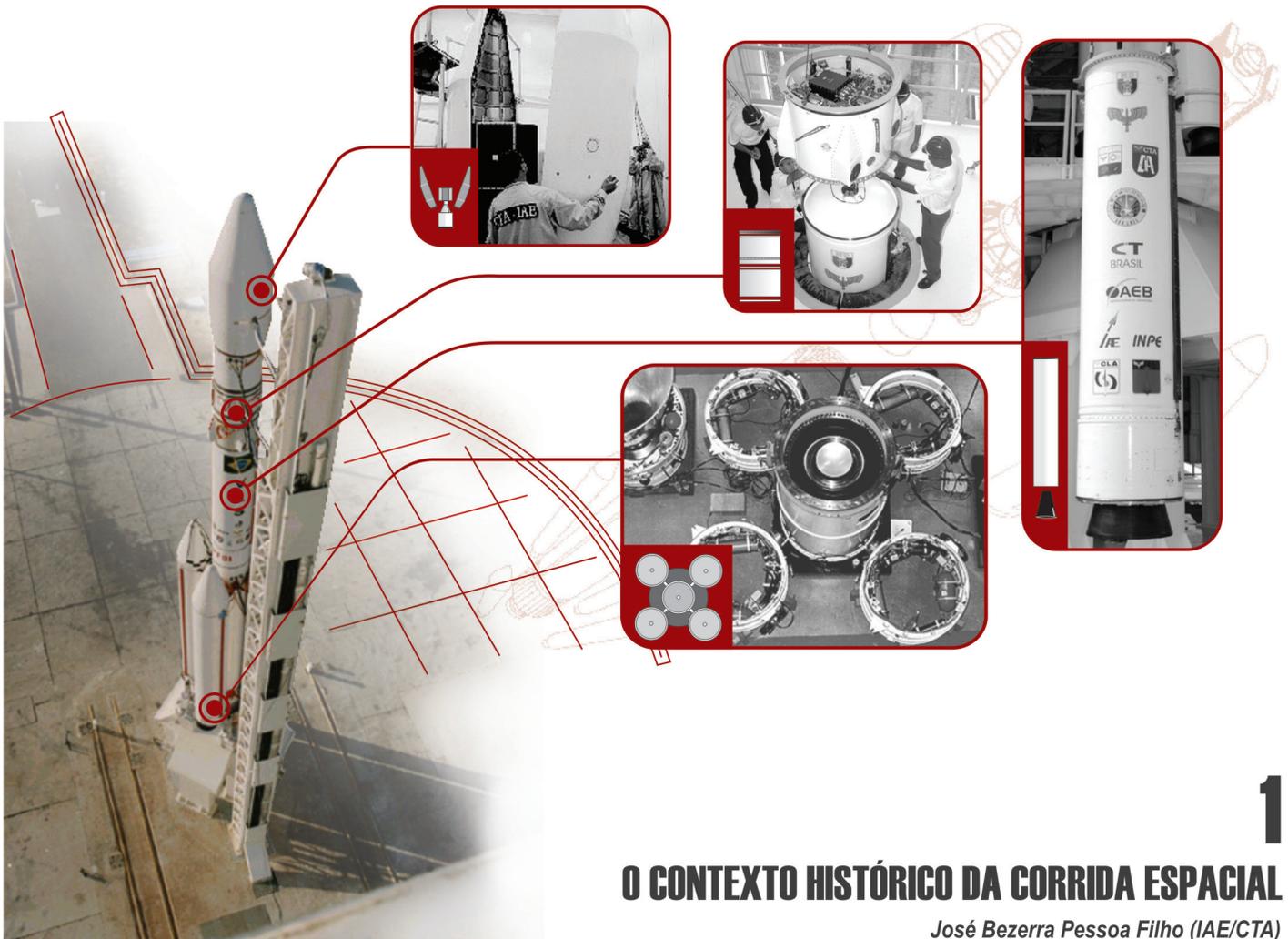
AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA



FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES

CURSO ASTRONÁUTICA
E CIÊNCIAS DO ESPAÇO

VEÍCULOS ESPACIAIS



1

O CONTEXTO HISTÓRICO DA CORRIDA ESPACIAL

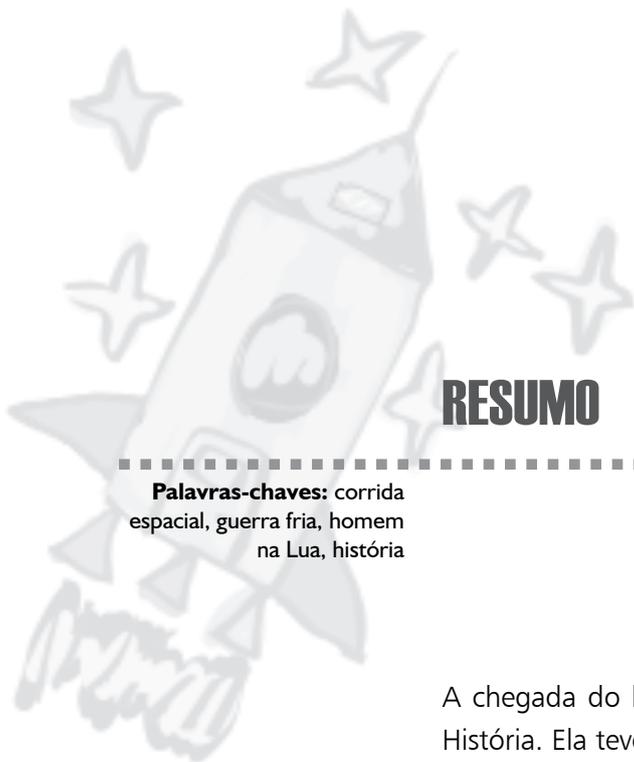
José Bezerra Pessoa Filho (IAE/CTA)



Ministério da
Educação

Ministério da
Ciência e Tecnologia





RESUMO

Palavras-chaves: corrida espacial, guerra fria, homem na Lua, história

A chegada do homem na Lua representa uma das mais belas páginas da História. Ela teve início com o sonho de visionários que, muito antes do homem dominar a arte de voar, já sonhavam com a possibilidade de viagens interplanetárias. Séculos depois, homens como o russo Tsiolkovsky, o brasileiro Santos-Dumont, o americano Robert Goddard e o alemão von Braun criaram máquinas que tornaram possível ao homem desafiar a Lei da Gravidade. A Revolução Industrial e as guerras mundiais que a sucederam levaram a ciência, de uma maneira geral, e os aviões e foguetes, em particular, a um extraordinário avanço. O advento do regime comunista na Rússia levou à criação de dois blocos antagônicos. De um lado, o capitalista, liderado pelos EUA. Do outro, o comunista, liderado pela URSS. Após a II Guerra Mundial deu-se início à Guerra Fria, que se estendeu até 1989. O grande símbolo da Guerra Fria foi o Muro de Berlim. Foi a Guerra Fria que levou à Corrida Espacial. Nessa corrida o prêmio era a Lua. Coube ao americano Neil Armstrong concretizar, em 20 de julho de 1969, o sonho milenar da humanidade de pisar no solo lunar. Após esta magnífica conquista, houve um arrefecimento da Corrida Espacial que culminou com a união de russos e americanos no espaço, em 1975. Após a queda do Muro de Berlim, em 1989, esses dois ex-adversários na Corrida Espacial tornaram-se os principais responsáveis pela construção e montagem da Estação Espacial Internacional (EEI). Em 2003, a China tornou-se o terceiro país do mundo com autonomia tecnológica para colocar um ser humano na órbita da Terra. Quando do centésimo aniversário do vôo do 14-Bis, o Brasil enviou o seu astronauta ao espaço. O piloto da Força Aérea Brasileira, Marcos Pontes, visitou a EEI por alguns dias, numa viagem a bordo do foguete e da nave russa Soyuz. Os americanos levaram o prêmio lunar, mas russos e americanos merecem igual distinção. Na Corrida Espacial não houve perdedores. A humanidade foi a grande vencedora e, desde então, as portas do Universo se abriram para o homem.



Em 2000 lecionei a disciplina intitulada “Introdução à Engenharia Aeroespacial”. Dentre os temas abordados nesta disciplina encontrava-se a chegada do homem à Lua. Diante dos enormes desafios tecnológicos envolvidos nesta façanha, senti a necessidade de justificar para os alunos o porquê de tamanho esforço de russos e americanos. Para explicar a Corrida Espacial abordei a Guerra Fria e, por conseguinte, vários fatos da História do século XX. Neste processo, passei a ler livros e assistir filmes e documentários. A necessidade de lecionar a disciplina acabou, mas o fascínio pelo tema permaneceu. Tornou-se um *hobby*. Sem saber, tinha vivenciado um dos motes do Programa AEB Escola, o qual consiste do uso das atividades espaciais como agente motivador do ensino e da aprendizagem.

Em janeiro de 2005 participei, nos EUA, da 47ª Conferência do Instituto Americano de Aeronáutica e Astronáutica (AIAA). Trata-se do mais importante congresso mundial na área de Astronáutica. Apesar de ser um congresso técnico, havia na sua programação sessões dedicadas à História da Corrida Espacial. Para minha surpresa, essas foram as sessões de maior audiência, com pessoas em pé. Aprendi que colegas de vários países, independentemente das suas especialidades, sentem-se fascinados pelas mais belas páginas da história da humanidade. Bem vindo ao clube!



EXPLICAÇÕES PRELIMINARES

Este material foi originalmente produzido para a 1ª Jornada Espacial, ocorrida em São José dos Campos, SP, entre o dia 26 de novembro e 4 de dezembro de 2005.

Ao longo do texto alguns livros, filmes e documentários são mencionados. A citação dos livros segue a norma estabelecida pela Comissão Organizadora da 1ª Jornada Espacial. Quanto aos filmes, eles são apresentados entre colchetes. Dessa forma, ao mencionar a missão Apollo 13 aparece [**Apollo 13**, Universal, DVD]. Isto indica que o tema é abordado em um filme intitulado **Apollo 13**, produzido pelo estúdio Universal e disponível em DVD. Os anos de nascimento e morte dos personagens citados são indicados entre parênteses. Assim, ao citar Santos-Dumont pela primeira vez, aparece Santos-Dumont (1873-1932), indicando que ele nasceu em 1873 e morreu em 1932. Para os personagens ainda vivos, aparece apenas a data de nascimento. Por exemplo, o astronauta Neil Armstrong, nascido em 1930, aparece Neil Armstrong (1930-). Em função de incluírem temas bastante recentes, algumas seções deste trabalho provêm quase que inteiramente de portais eletrônicos na Internet.

INTRODUÇÃO

Pode-se afirmar que os primeiros foguetes surgiram juntamente com a pólvora, utilizada pelos chineses no século XI. Inicialmente usada como fogos de artifício, a pólvora foi logo utilizada para fins bélicos. A marinha inglesa usou foguetes desenvolvidos por William Congreve (1772-1828) contra Napoleão Bonaparte (1769-1821), Figura 1.1 (Yenne, 2003).



Figura 1.1. A evolução dos foguetes entre os séculos XI e XX (fora de escala).

Em 1891, o brasileiro Alberto Santos-Dumont (1873-1932) mudou-se para a capital francesa, com o propósito de se tornar aeronauta (Santos-Dumont, 1918). Vários especialistas dão a Alberto Santos-Dumont o crédito de ter sido a primeira pessoa a realizar um voo numa aeronave mais pesada do que o ar, por meios próprios, dado que, o *Kitty Hawk* dos irmãos

Wright só deixou de necessitar definitivamente do uso da catapulta, em 1908. Quanto ao nosso compatriota, o seu voo foi assistido por centenas de pessoas em Paris. Era 23 de outubro de 1906 e o 14-Bis desafiava a Lei da Gravidade executando um voo nivelado de 60 metros, entre 2 e 3 metros acima da superfície.

O voo não somente foi bem testemunhado pela imprensa, como foi verificado por vários aviadores e autoridades, Figura 1.2. Não tardou para que outros desbravadores cruzassem os céus em busca de novos desafios. Foi o

caso, por exemplo, do americano Charles Lindbergh (1902-1974) que, em 1927, sem rádio, sem radar e com combustível limitado, realizou o primeiro vôo solo de 34 horas, sem escalas, entre Nova Iorque e Paris.

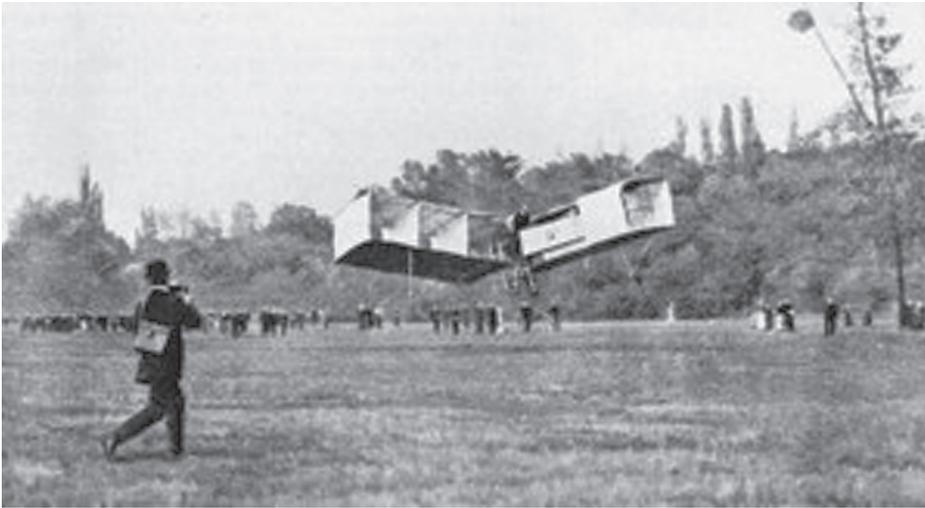


Figura 1.2. Vôo do L4-Bis em Paris: 23 de outubro de 1906.

Enquanto os irmãos Wright, Santos-Dumont e vários outros pioneiros desafiavam a gravidade, o russo Kostantin Tsiolkovsky (1857-1935), modesto professor de matemática na cidade de Kaluga, demonstrava teoricamente que os foguetes poderiam chegar ao



Figura 1.3. Konstantin Tsiolkovsky o Pai da Cosmonáutica (foto tirada em 1930).

espaço. Em função de uma doença (escarlatina) Tsiolkovsky ficou quase surdo, precisando de um aparelho especial de audição, Figura 1.3. Em 1915 ele concebe um motor que usava hidrogênio e oxigênio líquidos como propelentes, Figura 1.4. Apesar da Lei da Ação e Reação de Newton já ser conhecida, duvidava-se de que os gases expelidos do foguete pudessem movê-lo em sentido oposto, sob o vácuo do espaço.

Em 14 de março de 1926 o americano Robert Goddard (1882-1945) colocou em prática algumas das teorias de Tsiolkovski lançando um foguete movido à gasolina e oxigênio líquido. O seu pequeno foguete alcançou a altitude de 61 m, num vôo de 2,5 segundos. Goddard sonhava com uma viagem a Marte, mas, em 1919, ao mencionar a possibilidade de uma viagem à Lua, já prevista teoricamente por Tsiolkovsky, foi ridicularizado por um Editorial do *The New York Times*. A partir daí, evitou a exposição. Coube ao lendário



I E II GUERRAS MUNDIAIS

Em 25 de outubro de 1917 a Revolução Bolchevique encerrou o regime czarista na Rússia e destituiu a dinastia Romanov do poder (Reed, 2002) [**Dias que Abalaram o Mundo, Vol. 5**, BBC-Abril, DVD], [**Reds**, Paramount, VHS] e [**Doutor Jivago**, Warner Home Video, DVD]. Foi por meio da Revolução Russa (1917-1922) que Lênin (1870-1924), Trotsky (1879-1940), Stalin (1879-1953) e seus camaradas instituíram, à força, o regime comunista na Rússia. Com a crise de 1929, os ideais comunistas ganharam força entre os países capitalistas e o antagonismo entre os dois regimes aumentou [**Rosa Luxemburgo**, Globo Vídeo, VHS]. Em função da Revolução Russa, os russos tiveram que abandonar a I Guerra Mundial (1914-1918), na qual lutavam contra os alemães.

Sob o ponto de vista militar, a I Guerra Mundial [**Dias que Abalaram o Mundo, Vol. 3**, BBC-Abril, DVD] foi uma guerra de trincheiras [**Dias que Abalaram o Mundo 2, Vol. 2**, BBC-Abril, DVD], com o uso da tecnologia e métodos decorrentes da Revolução Industrial. Nela apareceram os tanques de guerra (Keegan, 2003). Balões foram utilizados para inspecionar as trincheiras inimigas, comunicando às tropas em terra a posição do inimigo. Os dirigíveis foram utilizados para fazer ataques com bombas em território inimigo. Os aviões, então com menos de uma década, foram também usados, inicialmente para inspecionar o território inimigo e, posteriormente, para fazer ataques com armas. Em termos tecnológicos, entretanto, os submarinos, talvez, tenham sido a maior contribuição tecnológica da I Guerra.

Em termos de ciência aplicada à guerra, deve ser mencionada a descoberta da amônia, um passo decisivo na manufatura de nitratos, componente vital para fabricação dos explosivos. Paradoxalmente, os nitratos também permitem a produção de fertilizantes, que incrementam a produção de alimentos. O cientista autor dessas façanhas foi o mesmo que criou o mortífero gás mostarda, lançado contra trincheiras inimigas, tornando-se um herói nacional para os alemães (Medawar e Pyke, 2003). Seu nome era Fritz Haber

(1868-1934), que, pelo processo de fixação do nitrogênio atmosférico, ganhou o prêmio Nobel de Química de 1918.



Figura 1.5. Trincheiras, aviões, tanques, metralhadoras, máscaras contra gases e navios.

Fritz Haber não foi um produto do acaso, mas sim, da portentosa e avançada ciência alemã do início do século passado. Entre 1901 (ano em que o prêmio Nobel foi instituído) e 1932, ano anterior à chegada de Hitler ao poder, a Alemanha arrematou 29 dos prêmios Nobel na área de ciências: Física, Química e Medicina. Nessa mesma época, a Grã Bretanha levou 14 e os EUA 5.

Cerca de quinze milhões de pessoas morreram na I Guerra Mundial e com a derrota os alemães foram obrigados a assinar os duríssimos termos do Tratado de Versalhes, que plantaram as sementes para a próxima guerra.

A ascensão dos nazistas ao poder, em 1933, causou a demissão de inúmeros cientistas judeus, incluindo Fritz Haber. Eles, que perfaziam menos de 1% da população alemã, foram responsáveis por 25% dos prêmios Nobel recebidos pela Alemanha até 1932 (Medawar e Pyke, 2003). Apesar disso, foram obrigados a deixar a Alemanha, abrigando-se na Inglaterra e nos EUA, principalmente.

Em 08 de fevereiro de 1938 foi lançado nos EUA o filme de Walt Disney (1901-1966) "Branca de Neve e os Sete Anões". Quatro dias depois os nazistas invadiram a Áustria, Figura 1.6. Neste mesmo ano, no dia 09 de novembro, ocorreu a "Noite dos Cristais" que deu início ao assassinato dos judeus pelos nazistas [**Dias que Abalaram o Mundo, Vol. 3**, BBC-Abril, DVD]. Era o prenúncio do conflito mundial que estava por vir.

Figura 1.6. Mundo da Fantasia × Mundo Real.



a) **08/02/1938:** É lançado o filme *Branca de Neve*.



b) **12/02/1938:** Alemães invadem a Áustria.

Ao invadirem a Polônia em 1939, dando início à II Guerra Mundial (1939-1945), os alemães fizeram uso de 2.000 aviões, número expressivo, mesmo para os padrões atuais. Várias outras tecnologias surgiram durante a II Guerra, dentre elas o radar, desenvolvido por ingleses e americanos. Com o intuito de decifrar os códigos secretos alemães, ingleses e americanos inventaram o computador *Colossus* (1.500 válvulas). Os alemães contra-atacaram com o desenvolvimento da “Máquina de Lorenz”. Eram alguns dos mais brilhantes cérebros do planeta a serviço da guerra (Cornwell, 2003).

Alertado pelos brilhantes cientistas húngaros Leo Szilard (1898-1964), Eugene Wigner (1902-1995) e Edward Teller (Pai da Bomba de Hidrogênio, 1908-2003), Albert Einstein (1879-1955) fez uso do seu enorme prestígio para, em 02 de agosto de 1939, escrever ao presidente americano F. D. Roosevelt (presidente dos EUA entre 1932 e 1945) sobre a possibilidade dos alemães estarem desenvolvendo uma bomba atômica (a versão dessa carta em português é apresentada no Apêndice).

Com o ataque dos japoneses a Pearl Harbor, em dezembro de 1941, os EUA entraram na II Guerra [**Pearl Harbor**, Warner Home Video, DVD], [**Dias que Abalaram o Mundo 2, Vol. 2**, BBC-Abril, DVD]. Em 1942 Roosevelt (1882-1945) estabeleceu um grupo de trabalho que deu início ao Projeto *Manhattan*. Em três anos os americanos construíram as duas bombas atômicas utilizadas sobre as cidades de Hiroshima e Nagasaki [**O Início do Fim**, Paramount, VHS], [**Os Senhores do Holocausto**, Transvideo, VHS], [**Hiroshima a História da Bomba**, Alpha, VHS]. Trabalharam no Projeto Manhattan cerca de 200 mil pessoas, a um custo atualizado de “trinta bilhões” de dólares. O mesmo Leo Szilard que se preocupava com a possibilidade dos alemães construírem a bomba atômica liderou um abaixo-assinado entre os cientistas do Projeto Manhattan na tentativa de convencer o presidente Truman (que substituíra Roosevelt após a sua morte) a não utilizá-las. Entre os próprios cientistas que trabalhavam no Projeto Manhattan houve o dilema. Àquelas alturas, muitos tinham a noção das conseqüências da bomba atômica para a humanidade. Além disso, a Alemanha já tinha se rendido

formalmente em maio daquele ano, restando apenas a guerra no Pacífico contra os japoneses. Portanto, pensavam os cientistas, para que usá-las?

Em termos de tecnologia avançada e empenho de recursos, o lance de Hitler (1889-1945), para construir um arsenal de mísseis ofensivos, constituiu a mais ousada tentativa de aplicar a ciência de alta tecnologia aos armamentos da II Guerra. A instalação para desenvolvimento de foguetes em Peenemünde começou em 1936, iniciada pela *Luftwaffe* (força aérea alemã). Os planos do exército, por outro lado, eram de um grande míssil supersônico, A-4, que acabou sendo chamado V-2, Figura 1.7. Os alemães pretendiam lançar uma carga-útil de 1 tonelada de explosivos a 250 km, com velocidade de 5 vezes a velocidade do som. O jovem Wernher von Braun era um dos principais responsáveis por este projeto. A partir de setembro de 1944, mais de 4 mil “armas da vingança” foram lançadas pelos alemães, matando 2.500 londrinos. Diante desta novidade, os aliados alteraram sua estratégia de guerra visando à derrota dos nazistas [**Do Dia-D Até Berlim**, BBC-Abril, DVD].

Mesmo antes do seu final, os aliados realizaram vários encontros para divisão do espólio de guerra. Na Conferência de Teerã (28/11/1943), Stalin, Churchill e Roosevelt decidiram pelo desembarque na Normandia, efetivado em 06 de junho do ano seguinte e conhecido como o Dia D [**O Mais Longo dos Dias**, Fox, DVD], [**O Resgate do Soldado Ryan**, Paramount, DVD]. Na Conferência de Ialta (04/02/1945), esses mesmos líderes resolveram que a Alemanha seria dividida entre os EUA, a URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas), a França e a Inglaterra.

Decidiram ainda que os criminosos nazistas seriam julgados pelo Tribunal de Nuremberg, principalmente pelo extermínio de 6 milhões de judeus [**A Lista de Schindler**, Universal, DVD]. Na última Conferência de Postdam (17/07/1945), na Alemanha, os líderes dos EUA, URSS, Inglaterra e França decidiram pela aplicação dos cinco D's à Alemanha: desmilitarização, democratização, desnazificação, descentralização e de-



Figura 1.7. A V-2 alemã: armas da vingança.

industrialização. Foi durante a Conferência de Postdam que o presidente americano Truman foi informado do sucesso do teste da primeira bomba nuclear dos EUA. Menos de um mês depois, as bombas eram usadas sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, encerrando a II Guerra Mundial [**Hiroshima**, BBC-Abril, DVD], [**Dias que Abalaram o Mundo, Vol. 2**, BBC-Abril, DVD]. Leo Szilard e Albert Einstein se arrependiam do envio da carta ao presidente Roosevelt.

A II Guerra foi uma tragédia de grandes proporções. Nela 50 milhões de pessoas perderam suas vidas. Destes, 27 milhões eram russos. Stalin cobraria por este enorme sacrifício do seu povo [**Stalin**, Warner Home Video, VHS]. A dimensão da tragédia pode ser mensurada quando se comparam esses números à população do Brasil em 1950: 51.941.767 pessoas. Para entender o porquê de tantas mortes entre os russos, vale a pena assistir ao filme *Círculo de Fogo* [**Círculo de Fogo**, Paramount, DVD]. Somente na batalha pela cidade russa de Stalingrado (Volgogrado) morreram mais de 1 milhão de russos (Beevor, 2002). As imagens das bombas atômicas, Garotinho e Gordo, se tornaram um divisor na história da humanidade. Com a bomba atômica o homem tinha adquirido a capacidade de auto-aniquilação.

Para os líderes mundiais a sobrevivência de uma nação, ou de um bloco econômico, passava a depender essencialmente do conhecimento científico e tecnológico. Finda a II Guerra, os melhores cientistas do Terceiro *Reich* foram cortejados por soviéticos e americanos, ávidos por seus conhecimentos. Wernher von Braun foi para os Estados Unidos, levando consigo 1.500 técnicos e 14 toneladas de papéis (Farmer e Hamblin, 1970). A valorização dos especialistas mostrava o apogeu do poder da ciência. Neste contexto, vale mencionar o enorme dano que a política anti-semita causou à Alemanha. Entre 1933 e 1960 a Alemanha ganhou apenas dez prêmios Nobel na área de ciências. Neste mesmo período, a Grã Bretanha levou 17 e os EUA 34. Em alguns casos os prêmios Nobel concedidos à ciência inglesa e à americana foram provenientes de judeus expulsos dos seus países.

Após a II Guerra, deu-se início ao Tribunal de Nuremberg, que se estendeu até 1949. No principal julgamento, realizado entre 20 de novembro de 1945 e 1º de outubro de 1946, vinte dos principais assessores de Hitler foram julgados. Albert Speer (1905-1981), o arquiteto predileto de Hitler e posteriormente Ministro de Armamentos do Terceiro Reich, foi um dos poucos que aceitou a sua parcela de culpa pelos males do regime nazista. Prevendo o que ocorreria no pós-guerra, Speer fez o seguinte pronunciamento no Tribunal [**O Julgamento de Nuremberg**, Warner Home Vídeo, VHS]:

Como pôde uma nação tão avançada, tão instruída, tão sofisticada como a Alemanha ter sido seduzida pela maldade de Hitler? A explicação é a comunicação moderna. Um líder já não precisa delegar autoridade aos seus

subordinados exercitando o julgamento imparcial. Com a comunicação moderna, Hitler pôde governar pessoalmente. Assim, quanto mais técnico fica o mundo, mais a liberdade individual e as regras da humanidade se tornam essenciais. Esta guerra acabou vendo foguetes controlados por rádio, aviões voando quase na velocidade do som, submarinos e torpedos capazes de achar os alvos. Bombas atômicas. E o terrível prospecto da guerra química. Entre 5 e 10 anos, a indústria bélica será capaz de lançar foguetes de um continente a outro, com precisão inimaginável. Com a fusão de átomos será possível destruir um milhão de pessoas na cidade de Nova Iorque em segundos, com foguetes operados por menos de 10 homens. Uma nova guerra em grande escala resultará na destruição da cultura humana e da civilização. É por isso que este julgamento deve contribuir para prevenir tais guerras no futuro. Uma nação que acredita no seu futuro nunca perecerá. Que Deus proteja a Alemanha e a cultura ocidental.

Albert Speer foi condenado a 20 anos de prisão. Hermann Goering, Wilhelm Keitel, von Ribbentrop, todos assessores diretos de Hitler, foram condenados à forca, enquanto Rudolf Hess foi condenado à prisão perpétua. Goering suicidou-se antes do enforcamento ingerindo uma cápsula de cianureto.



A GUERRA FRIA

Finda a II Guerra, a Alemanha foi dividida entre aliados (Alemanha Ocidental) e russos (Alemanha Oriental). A capital do Terceiro Reich, Berlim, que ficava na Alemanha Oriental, Figura 1.8a, também foi dividida ao meio. Para chegar a Berlim Ocidental, os aliados faziam uso de estradas e ferrovias sobre território comunista. Uma alternativa era o transporte aéreo, através de rotas pré-estabelecidas, Figura 1.8b. Desde então, o mundo ficou dividido entre dois blocos político-militares. O capitalista, liderado pelos EUA, e o comunista, liderado pela URSS. Em 1948 o Partido Comunista Americano foi considerado ilegal. O período do pós-guerra até 1989 ficou conhecido como Guerra Fria. A Guerra Fria foi um período em que a guerra era improvável, e a paz, impossível, Figura 1.9. Improvável a guerra porque, a partir de 1949, a URSS passou a construir bombas atômicas. Conseqüentemente, na hipótese de um conflito armado, as duas superpotências tinham a capacidade de se destruírem mutuamente. Por outro lado, a paz era improvável, visto que cada lado representava pontos de vista, políticos e econômicos, antagônicos. Estavam plantadas as sementes para a Corrida Espacial.

Figura 1.8a. Divisão da Alemanha com Berlim situada no lado soviético.

Figura 1.8b. A divisão de Berlim e as diversas vias de acesso à Berlim Ocidental.



Figura 1. 8a

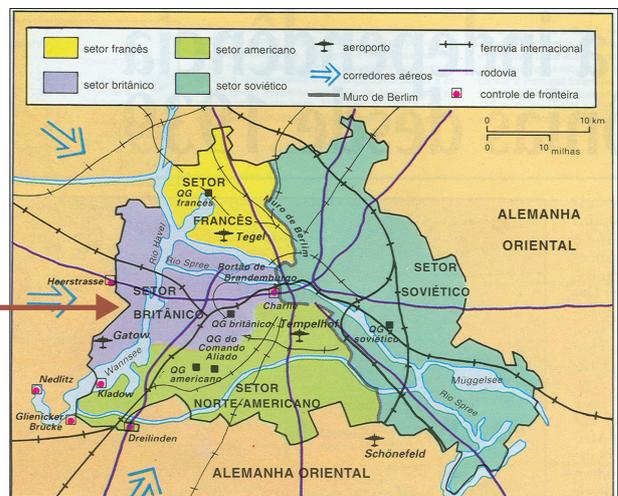


Figura 1. 8b



Figura 1.9. Caricatura de uma queda de braço entre Nikita Kruchov e John Kennedy.

O Bloqueio de Berlim

Conforme mencionado anteriormente, Berlim Ocidental era mantida pelos aliados via terrestre, ou seja, via estradas de rodagem e ferrovias, as quais atravessavam a Alemanha Oriental, Figura 1.8b. Em 23 de junho de 1948, os russos resolveram não mais permitir a passagem de automóveis e trens sobre o território da Alemanha Oriental. Com isso, desejavam forçar os americanos a abandonarem a parte ocidental de Berlim. Este evento ficou conhecido como o “Bloqueio de Berlim”. Os aliados, entretanto, não se intimidaram e, por quase um ano, supriram todas as necessidades de Berlim Ocidental via aérea, Figura 1.8b, numa verdadeira operação de guerra. Durante os onze meses do bloqueio, os aliados, liderados pelos EUA, realizaram 275 mil vôos, transportando 2,3 milhões de toneladas de carvão, alimentos e outros suprimentos. Em 12 de maio de 1949 os russos desistiram do bloqueio e permitiram o acesso a Berlim Ocidental via terrestre.

Encontros Nixon-Kruchov

Apesar de adversários, americanos e russos aplicavam, sempre que lhes interessava, a diplomacia. Em 24 de julho de 1959, na URSS, compareceu à Feira Americana de Comércio e Cultura, o então vice-presidente americano, Richard Nixon (1913-1994) [Nixon, Hollywood, DVD]. Houve, então, o encontro histórico de Nixon com Nikita Kruchov (1894-1971), sucessor de Stalin. Nixon apresentou a Kruchov uma das maravilhas produzidas pela tecnologia americana: a TV em cores. Em frente às câmeras de TV Kruchov deu um show propagando, diante de um Nixon atônito, as enormes vantagens do regime comunista sobre o capitalista. A essas alturas, os russos já

tinham colocado o Sputnik e a cadela Laika em órbita da Terra (1957). Em um gesto teatral Kruchov chegou a dizer que os americanos estavam à frente dos russos em algumas poucas áreas, mas que não tardaria para os russos também os ultrapassarem nessas áreas, ocasião em que dariam um “bye bye” aos americanos. Todos riram, mas Nixon lançou um desafio a Kruchov para que aquela conversa fosse transmitida pelos meios de comunicação da URSS, os quais operavam sob rigorosa censura do Estado.

Regime Comunista em Cuba

No dia primeiro de janeiro de 1959 Fidel Castro (1927-) e Ernesto Che Guevara (1928-1967) derrubaram o governo de Fulgencio Batista. Em 1961, Fidel instituiu o regime comunista em Cuba. Apesar da sua limitada importância política-econômica, Cuba tinha enorme importância estratégica, visto situar-se a 170 km da costa americana. Portanto, os americanos tinham os comunistas no seu quintal. Em 15 de abril de 1961 a CIA (Central de Inteligência Americana) resolveu patrocinar uma tentativa de refugiados cubanos de retirar Fidel Castro do poder. Foi uma tentativa fracassada que causou enorme embaraço aos americanos, e grandes dificuldades ao recém-empossado presidente americano, John Kennedy (1917-1963). Este evento ficou conhecido como “Invasão da Baía dos Porcos”.

O Caso Gary Powers

Utilizando-se do avião U-2 os americanos realizavam incursões em território soviético. O U-2 era dotado de uma câmera capaz de fotografar, com alta resolução, instalações militares soviéticas. A altitude em que voava, 20 km, o fazia inalcançável por qualquer outro avião da sua época. A duas semanas de um encontro de cúpula em Paris sobre o desarmamento nuclear, ocorre mais um estremecimento no relacionamento entre as duas potências. Em um vôo de 10 horas, do Paquistão à Noruega, realizado em pleno Dia do Trabalho de 1960, um dos mais importantes feriados da URSS, o piloto Gary Powers pretendia atravessar o território soviético, numa típica missão de espionagem.

Sob ordens de Kruchov, os russos abateram o U-2 com um míssil. Gary Powers ejetou-se do avião, mas foi capturado pelos soviéticos. Falando sobre o presidente Eisenhower, por ocasião da conferência em Paris, Kruchov disse:

Uma pessoa não pode sujar a mesa em que vai comer. É elementar. Como pode o presidente desprezar a URSS e, ainda assim, esperar sentar-se à mesa conosco.

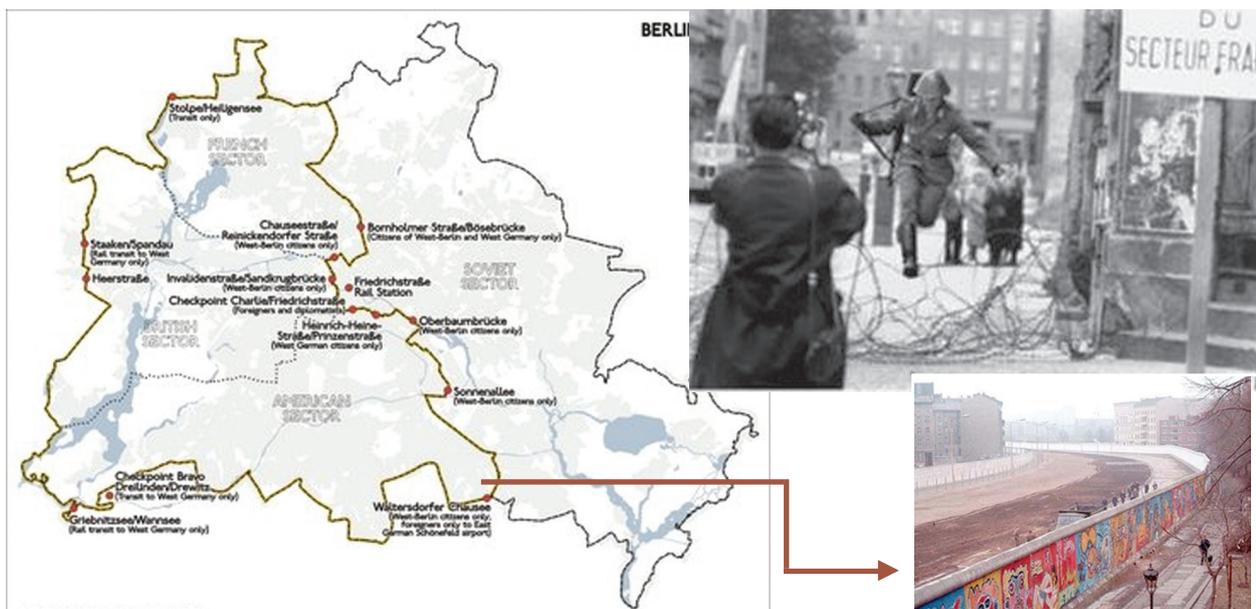
A conferência de Paris foi um fracasso. Julgado, Gary Powers foi condenado a 10 anos de reclusão em uma prisão na Sibéria. Após cumprir dez meses da sua pena, ele foi trocado pelo russo Rudolf Abel, o qual tinha sido capturado, julgado e condenado a 30 anos de prisão nos EUA. O seu crime?

Espionagem. O coronel Rudolf Abel trabalhava para os soviéticos desde 1953, aproveitando-se de uma rede montada pelos russos para espionar o Projeto Manhattan. Na manhã de 10 de fevereiro de 1962, sobre a ponte Glienicker, em Berlim, o capitão Gary Powers foi trocado pelo coronel Rudolf Abel [**Dias que Abalaram o Mundo 2, Vol. 1**, BBC-Abril, DVD].

O Muro de Berlim

Na madrugada do dia 13 de agosto de 1961 a Alemanha Oriental, com a anuência de Nikita Kruchov, deu início à construção do Muro de Berlim separando, em definitivo, os lados ocidental e oriental da cidade. A sua construção passou por várias fases iniciando-se com cercas de arame farpado e encerrando-se com enormes blocos de concreto com quase quatro metros de altura. Para evitar a fuga de alemães para o lado ocidental, o governo da Alemanha Oriental estabeleceu postos de guarda. Dessa forma, 192 pessoas foram mortas, a tiros, na tentativa de atravessar a fronteira entre as duas cidades. O Muro de Berlim tinha cerca de 155 km de extensão. Logo após o início da sua construção, em 15 de agosto de 1961, um soldado da República Democrática Alemã (Alemanha Comunista), Hans Schumann, então com 19 anos, fugiu para o lado ocidental. Um fotógrafo capturou este momento, naquela que se tornou uma das mais famosas imagens do Muro, Figura 1.10 (Conrad Schumann, 2005). Próximo ao Muro, John Kennedy fez um dos seus mais inspirados discursos em 1963. Anos depois, em 1987, Ronald Reagan (1911-2004) também fez um discurso histórico no Portão de Brandemburgo, incitando o seu colega, o presidente Mikhail Gorbachov (1931-), a derrubar aquele muro. Como ilustrado na Figura 1.10 existiam pontos ao longo do Muro onde era possível a passagem. O Muro de Berlim foi o marco da Guerra Fria e, por muitos anos, pensou-se que, se uma III Guerra Mundial ocorresse, ela teria início no Muro de Berlim (Berlin Wall, 2005).

Figura 1.10. O Muro de Berlim e seus pontos de passagem (pontos em vermelho).



A Crise dos Mísseis em Cuba

Em um vôo de espionagem regular sobre território cubano, um avião U-2 registrou, por meio de fotografias, que os russos estavam instalando mísseis em território cubano. O presidente Kennedy ordenou o bloqueio marítimo de Cuba impedindo a chegada de navios soviéticos à ilha. Navios americanos chegaram a disparar contra navios russos. Os americanos exigiam a retirada de todos os mísseis de Cuba. A Crise dos Mísseis em Cuba constitui o ponto da Guerra Fria no qual EUA e URSS mais se aproximaram de um conflito armado. Foram treze dias (15 a 28 de outubro de 1962) de enorme tensão para o mundo, até que os russos aceitaram a remoção dos mísseis, sob a condição de que os americanos fizessem o mesmo com os seus mísseis na Turquia, estes apontados para a URSS. Além disso, os EUA se comprometeram a não invadir Cuba [**Treze Dias que Abalaram o Mundo**, Europa Filmes, VHS].

Baby Boom, Macartismo e a Perspectiva da Hecatombe Nuclear

Com o fim da II Guerra, os EUA experimentaram um crescimento fabuloso que se refletiu no espírito da sua população. A frequência nas salas de cinema americanas atingiu marcas históricas, fenômeno este explicado pelo esgotamento psicológico após vários anos de guerra. Este espírito também se reflete no número de nascimentos no pós-guerra, Tabela 1. A geração nascida no pós-guerra ficou conhecida como "*baby boom generation*". O filme *Os Melhores Anos de Nossas Vidas* mostra as dificuldades de três veteranos para retomarem as suas vidas após a guerra [**Os Melhores Anos de Nossas Vidas**, Continental, DVD].

Na década de 1930 já era grande a preocupação americana com os ideais comunistas. O país sofria com a quebra da Bolsa de Valores de Nova Iorque e o clima era propício para a propagação dos ideais comunistas. Para os anticomunistas, Hollywood era o centro de propaganda comunista. Por esta razão dezenas de atores, diretores e empresários da indústria do entretenimento foram convidados a depor perante a Comissão de Atividades Antiamericanas.

ANO	NÚMERO DE NASCIMENTOS
1940	2.559.000
1946	3.311.000
1955	4.097.000
1957	4.300.000
1964	4.027.000
1974	3.160.000

Tabela 1. Crescimento populacional americano no pós-guerra.

Com a entrada dos EUA na II Guerra, em 1941, a Comissão interrompe suas atividades, retomando-as, após o final do conflito, de uma maneira bastante agressiva. Aos convocados a depor era feita a seguinte pergunta: “O senhor é, ou foi, membro do Partido Comunista?” Entre 1950 e 1954 a Comissão de Atividades Antiamericanas foi presidida pelo senador Joseph Raymond McCarthy (1908-1957). Anticomunista convicto, McCarthy inicia uma cruzada contra integrantes da imprensa, do cinema e até das forças armadas. Era a “caça aos vermelhos”.

Sob a acusação de terem passado segredos da bomba atômica aos soviéticos, o casal americano Julius (1918-1953) e Ethel Rosenberg (1915-1953) foram condenados à cadeira elétrica em março de 1951. De nada adiantaram os apelos do Papa Pio XII, Picasso, Sartre e Albert Einstein ao presidente Eisenhower, em favor do casal. Em 19 de junho de 1953, os dois foram executados na cadeira elétrica. Deixaram um filho de 6 e outro de 10 anos e idade.

Outra vítima do Macartismo foi o inglês residente nos EUA Charles Chaplin (1889-1977), mundialmente conhecido como Carlitos. Ainda no começo da Guerra, Chaplin produziria o seu primeiro filme falado. Trata-se de *O Grande Ditador*, filme no qual Chaplin anteviu o significado do nazismo [**O Grande Ditador**, Continental, DVD]. As cenas em que Chaplin brinca com o Globo Terrestre e o Discurso Final são inesquecíveis, Figura 1.11. Não foi devido a este filme que Chaplin seria acusado de comunista, mas sim, em função da sua vida privada, de jamais ter se naturalizado americano, bem como pelo comentário que fez sobre o fato de que o destino da democracia estava sendo decidido na Rússia o que, sob o ponto de vista histórico, é inquestionável. Em função da perseguição de que foi vítima, Chaplin deixou os EUA em 1952, se exilando na Suíça. Ele somente voltou aos EUA em 1972 para receber um Oscar especial. Morreu 5 anos depois [**Chaplin**, Look Filmes, VHS].

Figura 1.11. Cenas do filme *O Grande Ditador* (1940).



Figura 1.12. A tartaruga Bertel contra a bomba atômica.



A perspectiva de um ataque nuclear era real e o assunto era tratado abertamente pelo governo americano, por meio de campanhas na mídia. Nas escolas eram exibidos filmes mostrando às crianças de que modo se protegerem em caso de um ataque nuclear, Figura 1.12. A tartaruga Bertel foi a “garota propaganda” da geração “*baby boom*”. Ela mostrava às crianças de que modo ela, Bertel, se protegia (sob o seu casco). Subsolos de casas, escolas e igrejas também eram utilizados como abrigos. Para os soviéticos a ameaça também era levada a sério. As estações de metrô das principais cidades soviéticas eram opções de abrigo. Em 1963, diversas nações, incluindo EUA e URSS, assinaram, em Moscou, um acordo para impedir a realização de testes nucleares na superfície da Terra, no espaço e debaixo d’água.



A CORRIDA ESPACIAL

Os cientistas alemães levados para os EUA e para a URSS deram início a um intenso programa de desenvolvimento de mísseis. Não tardou para que o projeto da V-2 se transformasse em projeto de mísseis balísticos intercontinentais (*ICBM: Intercontinental Ballistic Missile*), capazes de carregar em suas ogivas bombas nucleares e de hidrogênio a qualquer ponto do território inimigo.

Nos EUA do pós-guerra, a idéia da felicidade no dia-a-dia estava associada à posse de bens de consumo. Os meios de comunicação difundiam a imagem de que só poderia ser feliz o americano que tivesse em casa todos os eletrodomésticos disponíveis no mercado, além de pelo menos um automóvel na garagem. Coisas de um consumismo assumido, que não existia nos países socialistas.



Figura 1.13. O Sputnik.



Figura 1.14. Yuri Gagarin.

Utilizando-se de um foguete derivado de um ICBM, os russos surpreenderam o mundo com o lançamento do primeiro satélite artificial da Terra. Era 04 de outubro de 1957 e o satélite chamava-se Sputnik, esfera metálica de 84 kg, com 58 cm de diâmetro, que transmitiu sinais à Terra por 21 dias, Figura 1.13. Em 03 de novembro de 1957, os soviéticos lançaram o Sputnik 2, com a cadela Laika a bordo. Atônitos, os americanos reagiram e, em 1958 o presidente Dwight Eisenhower (1890-1969) criou a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) centralizando, nas mãos de civis, as pesquisas do Exército, da Marinha e da Aeronáutica. O significado do Sputnik pode ser depreendido da fala do então senador Lindon Johnson (1908-1973). Ao saber do Sputnik, Lindon Johnson disse:

Quem controlar a posição privilegiada do espaço controlará o mundo. O Império Romano controlava o mundo porque abria estradas. Depois, o Império Britânico foi dominante

porque tinha navios. Na era da aviação fomos poderosos porque tínhamos avião. Agora, os comunistas firmaram presença no espaço. Logo eles terão plataformas espaciais e jogarão bombas atômicas sobre nós, como pedras do alto de uma ponte!

O filme *O Céu de Outubro* retrata o significado do Sputnik para uma comunidade de mineiros em uma cidade de interior do estado da Virgínia do Oeste, EUA. O Sputnik inspirou o garoto Homer Kickam, com 14 anos em 1957, a se tornar um engenheiro e a trabalhar na NASA. O filme e a estória são imperdíveis [**O Céu de Outubro**, Universal, VHS].

À mesma época, o presidente Eisenhower criou a ARPA (sigla em inglês para Agência de Projetos de Pesquisa Avançada) para estimular a ciência militar e a pesquisa tecnológica. Faziam parte da ARPA várias instituições, cada qual trabalhando com os seus computadores e sistemas operacionais. Na década de 1960, o governo americano sentiu a necessidade de conectá-las por meio de uma rede de computadores. Em 1969, os quatro primeiros terminais da rede ARPA foram interligados com sucesso, permitindo a comunicação *on line* entre instituições de diferentes localidades. Era o nascimento da Internet, sem a qual, diga-se de passagem, parte deste artigo não teria sido possível.

Em janeiro de 1959, os soviéticos deram uma nova demonstração de seu avanço tecnológico com o lançamento do Programa Luna, voltado a pesquisas sobre a Lua. Os primeiros resultados chegaram em outubro do mesmo ano. A Luna-3 fotografou pela primeira vez o lado da Lua jamais visto da Terra.

No dia 12 de abril de 1961, Yuri Gagarin (1934-1968), Figura 1.14, deu uma volta completa ao redor da Terra a 28.800 km/h. Os 108 minutos no qual permaneceu em órbita, foram suficientes para que ele fosse promovido de tenente a major. A sua espaçonave Vostok reentrou na atmosfera terrestre e Gagarin tornou-se uma celebridade mundial. Korolev foi o grande gênio por trás do programa espacial russo [**Dias que Abalaram o Mundo 2, Vol. 4**, BBC-Abril, DVD]. Com receio de que os americanos pudessem assassiná-lo, os russos mantiveram Sergei Korolev (1906-1966) no anonimato. Mais do que uma conquista tecnológica, esta façanha demonstrava, para os comunistas e seus adeptos, a superioridade do regime comunista sobre o capitalista. Os russos capitalizaram e, naquele mesmo ano, Yuri Gagarin esteve no Brasil, sendo recebido pelo presidente Jânio Quadros (1917-1992), o mesmo que, naquele ano, daria início ao Programa Espacial Brasileiro. Em 12 de outubro de 1965, foi criado o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI) em Natal, RN, de onde, em 15 de dezembro, foi lançado o foguete americano Nike-Apache. Gagarin morreria sete anos depois, aos 34 anos, em um acidente com um avião que ele pilotava.

Em 05 de maio de 1961, o americano Alan Shepard tornou-se o segundo homem a viajar ao espaço. Entretanto, ele não entrou em órbita, uma vez

que o foguete (míssil) Redstone que o conduzia não tinha potência suficiente para impor a velocidade de 28.800 km/h à cápsula Mercury. Conseqüentemente, Alan Shepard realizou um vôo suborbital, com 15 minutos de duração. Partindo do Cabo Canaveral, na Flórida, ele atingiu a altitude de 187 km, caindo no oceano Atlântico, a 485 km da costa. Finalmente, em fevereiro de 1962, a bordo da Mercury 6, John Glenn (1921-) completou três órbitas em torno da Terra. Temerosos de perdê-lo em um acidente, os americanos não mais permitiram qualquer vôo de John Glenn. Ele voltaria ao espaço 36 anos depois, a bordo do ônibus espacial.

A questão do porquê os russos estavam à frente dos americanos na Corrida Espacial é intrigante. Uma das possíveis explicações é que, em 1953, os russos iniciaram os testes com suas bombas de hidrogênio (os EUA já possuíam a bomba desde 1952). As bombas russas eram enormes e pesadas. Por isso, para transportá-las ao continente americano seriam necessários potentes foguetes. Os americanos, por outro lado, possuíam inúmeros mísseis na Europa. Ademais, as bombas americanas eram mais leves e, por conseguinte, precisavam de foguetes menores para transportá-las (Farmer e Hamblin, 1970). Cientes de que estavam ficando para trás na disputa com os russos, o jovem presidente John Kennedy, então com 44 anos, fez o célebre discurso no qual disse:

Penso que esta nação deve empenhar-se para que o objetivo de pousar um homem na Lua e trazê-lo de volta à Terra a salvo seja atingido antes do fim desta década. Nenhum outro projeto será mais importante para a humanidade, mais difícil ou mais caro de ser alcançado.

Estava lançada a Corrida Espacial e o prêmio era a Lua. Entre os anos de 1957 e 1969, russos e americanos desenvolveram uma corrida pela conquista deste prêmio. Além da supremacia militar, o objetivo dessa corrida era mostrar a superioridade de um sistema político-econômico sobre o outro. Era a Guerra Fria alimentando a Corrida Espacial.



O MÊS DE OUTUBRO

O mês de outubro é especial para a área espacial. Abaixo são listados alguns dos principais fatos ocorridos nesse mês:

- 19/10/1899:** Dia em que Robert Goddard imaginou a construção de foguetes.
- 29/10/1904:** Nascimento de Casimiro Montenegro Filho, fundador do CTA.
- 23/10/1906:** Santos-Dumont realiza o vôo do 14-Bis.
- 25/10/1917:** Início da Revolução Bolchevique na Rússia.
- 14/10/1947:** Charles Yeager quebra a barreira do som.
- 03/10/1942:** Primeiro Vôo com sucesso da V-2.
- 04/10/1957:** Sputnik entra em órbita da Terra.
- 01/10/1958:** A NASA inicia suas atividades nos EUA.
- 04/10/1959:** A espaçonave Luna 3 fotografa, pela primeira vez, o lado oculto da Lua.
- 12/10/1965:** Criação do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI).
- 17/10/1969:** Criação do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE).
- 29/10/1988:** Aos 77 anos John Glenn volta ao espaço.
- 12/10/1992:** Em comemoração aos 500 anos de descoberta da América, a NASA lança o programa SETI (da sigla inglesa para Busca por Inteligência Extraterrestre).
- 14/10/1997:** Brasil e EUA assinam Acordo Complementar que determina a participação brasileira na ISS.
- 30/10/1997:** Primeiro vôo, com êxito, do foguete Ariane 5.
- 22/10/1998:** Lançamento do Satélite de Coleta de Dados 2 (SCD-2).
- 14/10/1999:** Lançamento do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-1).
- 15/10/2003:** A China coloca o primeiro taikonauta em órbita da Terra.
- 21/10/2003:** Lançamento do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-2).
- 04/10/2004:** SpaceShipOne ganha o Prêmio X.
- 12/10/2005:** A China coloca dois chineses em órbita da Terra.



RUMO À LUA

Com o objetivo de levar o homem ao espaço, a NASA anunciou, em 09 de abril de 1959, os sete astronautas do Projeto Mercury. Eram eles: Alan Shepard (1923-1998), Virgil Grisson (1926-1967), John Glenn (1921-), Scott Carpenter (1925-), Walter Schirra (1923-), Gordon Cooper (1927-2004) e Donald (Deke) Slayton (1924-1993).

Se você desejar entender o significado das palavras de Kepler a Galileu, escritas em 1610 (A Conquista da Lua: De Galileu Até Hoje, 1969):

. . . Criemos navios e velas adequadas ao éter celeste e haverá inúmera gente sem medo dos desertos . . .

assista ao filme *Os Eleitos*. O filme também trás Chuck Yeager (1923-), o primeiro ser humano a viajar mais rápido do que o som, a bordo do seu avião-foguete X-1, em 1947. O espírito e a coragem desses homens os fazem parte da História [**Os Eleitos**, Warner Home Video, DVD].

Entre maio de 1961 e maio de 1963 foram realizados os sete vôos do Programa Mercury, Tabela 2. Em 16 de junho de 1963 os russos estabeleceram um novo marco histórico. A soviética Valentina Tereshkova (1937-) torna-se a primeira mulher no espaço. Em março de 1965, os russos realizaram mais uma proeza. Amarrado à espaçonave, Aleksei Leonov (1934-) deixa a sua Voskhod 2 e realiza o primeiro passeio no vácuo do espaço. Eram os russos, mais duas vezes, à frente dos americanos na Corrida Espacial.

Felizmente, a vida naquela época não se resumia à Guerra Fria e à Corrida Espacial. Na primeira metade da década de 1960 surgiu um conjunto inglês que revolucionou a música mundial. Ringo Star (1940-), George Harrison (1943-2001), John Lennon (1940-1980) e Paul McCartney (1942-) marcariam a história da música pop do planeta. Em 1964 os Beatles chegaram aos EUA para uma turnê, Figura 1.15. O ano de 1964 marcou a entressafra entre os projetos Mercury e Gemini. Entretanto, nesse ano, as seguintes canções dos Beatles estavam nas paradas: *I Want To Hold Your Hand*; *She*

Loves You; Can't Buy Me Love; Love Me Do; A Hard Day's Night e I Feel Fine. Junto com a Tabela 3 e a Tabela 4 são listadas algumas das mais belas canções do último século, todas dos Beatles. O sucesso mundial dos Beatles foi tão retumbante que, em 1966, John Lennon chegou a afirmar que eles eram mais populares do que Jesus Cristo. Apesar da música *Back in the USSR*, Tabela 4, os Beatles jamais pisaram em solo soviético.

Com o Programa Mercury, os americanos adquiriram a capacidade de colocar o ser humano em órbita (um astronauta em cada voo) e aprenderam também que era possível sobreviver no espaço por mais de uma semana (tempo necessário para uma viagem de ida e volta à Lua). Mais importante, aprenderam como sobreviver às difíceis condições de reentrada atmosférica. A viagem à Lua, entretanto, requeria mais do que isso.



Figura 1.15. Os Beatles na América.

MISSÃO	DATA
Mercury 3	05/05/1961
Mercury 4	21/07/1961
Mercury 5	29/11/1961
Mercury 6	20/02/1962
Mercury 7	24/05/1962
Mercury 8	03/10/1962
Mercury 9	15/05/1963

Tabela 2. O Programa Mercury.

Para se chegar à Lua, seria necessário:

- i) Realizar manobras de alta precisão (os astronautas logo descobriram que no espaço as leis do movimento de Newton adquirem um significado todo especial);
- ii) Efetuar o acoplamento entre duas naves no espaço, cada qual movendo-se a 28.800 km/h;
- iii) Sobreviver ao ambiente espacial (para andar na Lua, o homem teria que deixar a cápsula, ficando exposto a um ambiente hostil).

Em março de 1965, os russos ainda estavam à frente dos americanos. Para alcançá-los, os americanos deram início ao Programa Gemini. O ritmo de lançamentos mostrado na Tabela 3 não deixa dúvida quanto à determinação dos americanos. As cápsulas da Gemini transportavam dois astronautas. Foi durante o Programa Gemini que os americanos ultrapassaram os russos na Corrida Espacial.

MISSÃO	DATA	MÚSICA DOS BEATLES
Gemini 3	23/03/1965	<i>Ticket to Ride</i>
Gemini 4	03/06/1965	<i>Help</i>
Gemini 5	21/08/1965	<i>Yesterday</i>
Gemini 6	15/12/1965	<i>Day Tripper</i>
Gemini 7	04/12/1965	<i>We Can Work it Out</i>
Gemini 8	16/03/1966	<i>Michelle</i>
Gemini 9	03/06/1966	<i>Paperback Writer</i>
Gemini 10	18/07/1966	<i>Revolver</i>
Gemini 11	12/09/1966	<i>Yellow Submarine</i>
Gemini 12	11/11/1966	<i>Eleanor Rigby</i>

Tabela 3. O Programa Gemini.

Antes do término da Gemini, os americanos deram início à construção do foguete Saturno V, o qual deveria alcançar a velocidade de escape da Terra em direção à Lua, ou seja, 40.000 km/h. O Programa Gemini foi concluído com sucesso e foi dado início ao Programa Apollo, Tabela 4, que começa de maneira trágica. Em janeiro de 1967, um curto-circuito no interior da Apollo 1 causou a morte de Virgil Grisson (1926-1967), Edward White (1930-1967) e Roger Chaffee (1935-1967), durante testes em solo. Neste mesmo ano, os russos também viveram uma tragédia no seu programa espacial. Durante a reentrada na atmosfera, os pára-quadras da Soyuz 1 não se abriram e a espaçonave se espatifou no solo, matando o cosmonauta Vladimir Komarov (1927-1967).

Em 27 de janeiro de 1967 vários países, incluindo URSS e EUA, assinaram um acordo estabelecendo que nenhuma nação poderia requerer propriedade de qualquer planeta que conquistasse, incluindo a Lua e os demais

Tabela 4. O Programa Apollo. (continuação)

MISSÃO	DATA	MÚSICA(S) DOS BEATLES
Apollo 11	16/07/1969	Give Peace a Chance
Apollo 12	14/11/1969	Something e Come Together
Apollo 13	11/04/1970	Let It Be
Apollo 14	31/01/1971	The Long and Winding Road
Apollo 15	26/07/1971	-
Apollo 16	26/04/1972	-
Apollo 17	07/12/1972	-

Tabela 5. O Programa Luna.

MISSÃO	DATA	MISSÃO	DATA	MISSÃO	DATA
Luna 1	02/01/1959	Luna 9	31/01/1966	Luna 17	10/11/1970
Luna 2	12/09/1959	Luna 10	31/03/1966	Luna 18	02/09/1971
Luna 3	04/10/1959	Luna 11	24/08/1966	Luna 19	28/09/1971
Luna 4	02/04/1963	Luna 12	22/10/1966	Luna 20	14/02/1972
Luna 5	09/05/1965	Luna 13	31/12/1966	Luna 21	08/01/1973
Luna 6	08/06/1965	Luna 14	07/04/1968	Luna 22	29/05/1974
Luna 7	04/10/1965	Luna 15	13/07/1969	Luna 23	28/10/1974
Luna 8	03/12/196	Luna 16	12/09/1970	Luna 24	09/08/1976

Conforme mostrado na Tabela 5, os russos continuaram com o seu programa de exploração lunar não tripulado. Para chegarem à Lua os americanos tiveram que desenvolver novos foguetes. Para tanto, continuavam a contar com os extraordinários talentos de Wernher von Braun. Coube a ele a responsabilidade pelo desenvolvimento do Saturno V, o qual permanece até hoje como o maior e mais potente foguete construído pelo homem, Figura 1.18. Com 110 metros de comprimento e 10 metros de diâmetro pesava 3 milhões de quilos (equivalente ao peso de 3.000 automóveis). Era tão pesado que, mesmo antes da sair do solo, consumia dezenas de toneladas de combustível (querosene e oxigênio). Sua altura era equivalente a um edifício de 36 andares. Destes, apenas um era ocupado pelos astronautas. Os demais eram tanques de combustível. Dividido em três estágios, o primeiro estágio possuía cinco motores que queimavam querosene e oxigênio líquidos. O segundo e terceiro estágios usavam hidrogênio e oxigênio líquidos. Uma maravilha tecnológica, mesmo para os padrões atuais.

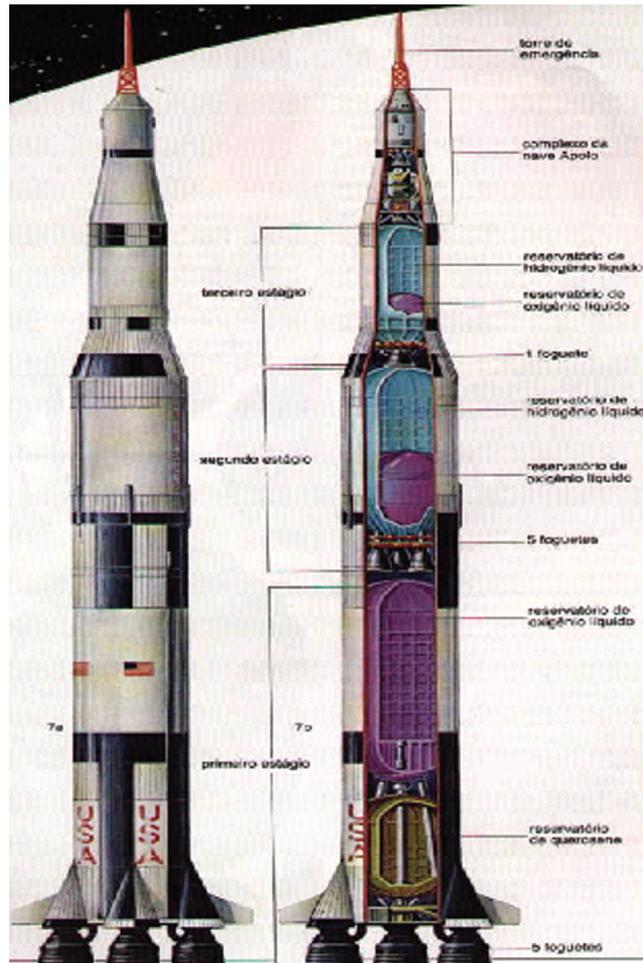


Figura 1.18. O foguete Saturno V.

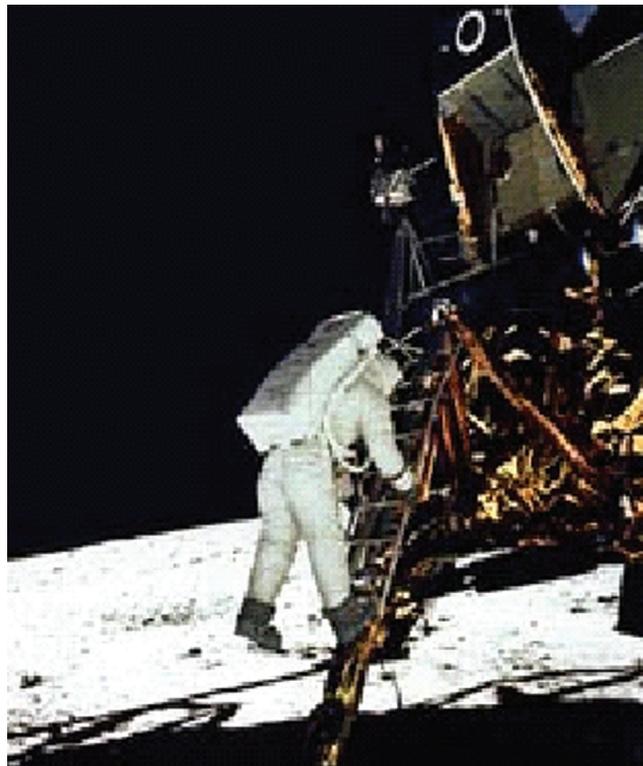


Figura 1.19. Buzz Aldrin chegando à Lua.

A Apollo 11 marcou a história da humanidade. Lançada 24 anos após o primeiro teste de uma bomba nuclear, 16 de julho de 1969, a Apollo 11 alunissou 4 dias depois, num domingo, para deslumbramento de milhões de pessoas do planeta Terra, Figura 1.19. Às 15h18 (horário de Houston, EUA) do dia em que Santos-Dumont, se vivo fosse, completaria 96 anos, Neil Armstrong (1930-) e Buzz Aldrin (1930-) pousaram no solo lunar. Era o dia 20 de julho de 1969 e o homem já tinha inventado os satélites de comunicação. Dessa forma, quase um bilhão de pessoas assistiram, ao vivo, a concretização de um sonho acalentado, desde que o homem surgiu na face da Terra, há dois milhões e quinhentos mil anos. Eram 21h56, horário de Houston (23h56 horário de Brasília), quando Neil Armstrong pisou no solo lunar e proferiu a seguinte frase: “Este é um pequeno passo para o homem, mas um salto gigantesco para a humanidade” [**Dias que Abalaram o Mundo, Vol. 5**, BBC-Abril, DVD].



Figura 1.20. Lua crescente em julho de 1969.

Figura 1.21. Nosso pé na Lua.



Figura 1.20

Figura 1.21

Neil Armstrong e Buzz Aldrin caminharam por duas horas na superfície da Lua. Enquanto isso, Michael Collins tornou-se a lua da Lua. No Mar da Tranqüilidade, Armstrong e Aldrin deixaram a bandeira americana, um sismógrafo, um refletor de raios laser, uma antena de comunicações, uma câmara de TV e a base do módulo lunar, em cuja superfície estava afixada uma placa, na qual estava escrito, em letras garrafais, Figura 1.22 (A Conquista da Lua: De Galileu Até Hoje, 1969):

AQUI HOMENS DO PLANETA TERRA PELA PRIMERA
VEZ COLOCARAM OS PÉS NA LUA
JULHO DE 1969, d.c.
VIEMOS EM PAZ POR TODA A HUMANIDADE

Assinaram a placa Neil Armstrong, Michael Collins, Buzz Aldrin e Richard Nixon, então presidente dos Estados Unidos da América. De fato, como escreveu Michael Collins no seu livro *Flying to the Moon* (Collins, 1994), ao contrário de outras missões exploratórias feitas pelo homem ao longo da história, os astronautas da

Apollo não carregavam consigo qualquer arma. Paradoxalmente, nesta mesma época, aqui na Terra, o Exército americano utilizava bombas de *napalm* e desfolhantes químicos, os “agentes laranja”, contra os vietcongues (Sagan, 1996). Era a Guerra do Vietnã, Figura 1.22. Refletindo a época, os Beatles marcavam presença com a canção *Give Peace a Chance* (Dê uma Chance a Paz).



Figura 1.22a

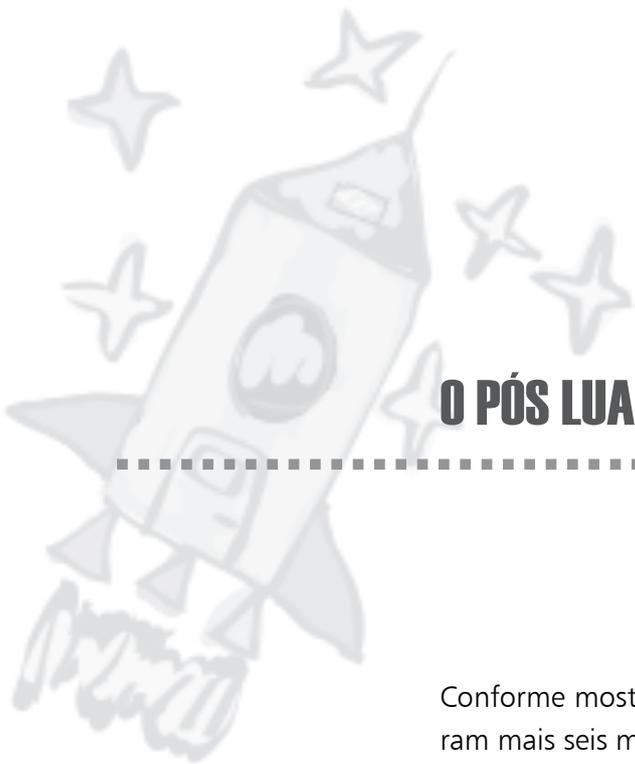


Figura 1.22b

Ao voltarem à Terra, Michel Collins, Neil Armstrong e Buzz Aldrin visitaram 25 países em 38 dias (Collins, 1994). A média de idade dos operadores do Centro de Controle da NASA, localizado na cidade de Houston (hoje denominado *Johnson Space Center*, em homenagem a Lindon Johnson), era de 26 anos [**Dias que Abalaram o Mundo, Vol. 5**, BBC-Abril, DVD]. Portanto, foram os adolescentes do Sputnik, como Homer Hickam (“O Céu de Outubro”), que tiveram a responsabilidade de colocar Neil Armstrong e Buzz Aldrin na superfície lunar. O Diretor de Vôo, Gene Kranz tinha 35 anos (Kranz, 2001). No filme *Apollo 13* Gene Kranz é interpretado por Ed Harris.

E os russos? Bem, a corrida foi disputada cabeça à cabeça. Três dias antes do lançamento da Apollo 11, os russos lançaram a Luna 15, Tabela 5, uma nave não tripulada cujo objetivo era atingir a superfície lunar, coletar amostras do seu solo e trazê-las de volta à Terra, antes que os astronautas da Apollo 11 o fizessem. A Luna 15 jamais regressou, e os americanos levaram o prêmio lunar. Os russos finalmente chegaram à Lua em 12 de setembro de 1970. Com a Luna 16, uma nave não tripulada, os russos chegaram à Lua e recolheram amostras do seu solo, trazendo-as de volta à Terra.

A chegada à Lua mostrou as enormes possibilidades do homem e ofereceu uma visão otimista da tecnologia, visão que tinha sido ofuscada por outra extraordinária conquista do homem no século XX: a fissão nuclear, que, infelizmente, levou à bomba atômica e à morte de mais de 200 mil japoneses, ao final da II Guerra Mundial.



O PÓS LUA

Conforme mostrado na Tabela 4, após a Apollo 11 os americanos realizaram mais seis missões tripuladas à Lua, entre elas a Apollo 13 [**Apollo 13**, Universal, DVD]. Um dia antes do lançamento da Apollo 13, para desespero dos seus fãs, Paul McCartney anuncia o fim dos Beatles.

Do primeiro grupo de astronautas escolhidos pela NASA, Alan Shepard foi o único a ir à Lua, na Apollo 14. Mais do que andar na Lua, Shepard deu duas tacadas de golfe na superfície lunar. As missões Apollo 15, Apollo 16 e Apollo 17 fizeram uso do jipe lunar.

Em dezembro de 1972, Eugene Cernan (1934-) e o geólogo Harrison Schmitt (1935-) foram os últimos homens a pousar na Lua. O Rover, jipe lunar movido à bateria, permitiu-lhes se afastarem 35 km do ponto de pouso, coletando 110 kg de amostras do solo lunar. O terceiro astronauta, Ronald Evans (1933-1990), permaneceu em órbita da Lua.

Além das missões tripuladas envolvendo os programas Mercury, Gemini e Apollo, os americanos enviaram várias missões de reconhecimento à Lua, tais como as Ranger 3, 4, 5, 6, 7 e 8; as Surveyor 1, 2, 3, 4, 5 e 6; e as Lunar Orbiter 1, 2, 4 e 5. Essas missões foram vitais para avaliar as condições da Lua, antes de para lá enviar os astronautas.

Os soviéticos não ficaram para trás e, neste mesmo período, lançaram inúmeras missões à Lua. Começaram com a Luna 1, em 1959, que chegou a 7.000 km da superfície lunar, passando pelas Luna 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15; e as *Zond* 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Cerca de 400 mil pessoas trabalharam no Programa Apollo, a um custo atualizado de 150 bilhões de dólares (FAQ: *Bush's New Space Vision*, 2004). As verbas para o programa espacial começaram a declinar a partir de 1967, atrapalhando os planos iniciais da NASA de construir uma base permanente na Lua, passo intermediário para uma missão tripulada a Marte, pretendida para a década de 1990 (NASA, 2005). Os elevados custos da continuidade deste

programa, o desinteresse demonstrado pela população e a Guerra do Vietnã, que requeria vultuosos recursos financeiros, colaboraram para a interrupção dessa escalada espacial. Do lado russo, as dificuldades não foram menores e cada qual deu continuidade ao seu programa espacial sob focos distintos.

Em 1971 os russos colocaram a primeira estação espacial em órbita da Terra. Foi a Salyut 1, que durante 22 dias foi ocupada pelos cosmonautas, Georgi Dobrovolski (1928-1971), Viktor Patsayev (1933-1971) e Vladislav Volkov (1931-1971). Os três morreram tragicamente durante a reentrada na atmosfera. Utilizando o último estágio do foguete Saturno V, os americanos lançaram, em 14 de maio de 1973, a sua estação espacial: a Skylab. Uma das suas tripulações chegou a ficar 84 dias em órbita. Em uma operação programada, o Skylab caiu na Terra em 1979, incendiando-se na atmosfera (Almanaque Abril, 2002).

Tom Paine (1921-1992), administrador da NASA na época da chegada do homem à Lua, estava convencido da impossibilidade, tanto para russos quanto para americanos, da continuidade daquela frenética e cara corrida. O então presidente americano, Richard Nixon, autorizou-o a tentar uma aproximação com os russos. A Academia de Ciências da União Soviética foi convidada a assistir ao lançamento da Apollo 11 com a garantia de que nenhuma publicidade seria dada, caso os russos aceitassem o convite. Os russos declinaram, mas os contatos continuaram. Ainda em 1969, Tom Paine enviou carta ao presidente da Academia de Ciências da União Soviética, Mstislav Vsevolodovich Keldysh, convidando cientistas russos a participarem das discussões sobre as missões Viking, então programadas para ocorrerem em 1973, com destino a Marte. Muito embora os russos tenham se mostrado receptivos à idéia, ainda não foi possível a realização de uma missão espacial conjunta entre russos e americanos. Após uma série de encontros entre representantes dos dois países, foram iniciadas discussões, em julho de 1970, para o desenvolvimento de um sistema comum de acoplamento de naves espaciais. Finalmente, em julho de 1975, americanos e russos se encontram no espaço. No primeiro vôo do programa Apollo-Soyuz, a Apollo 18, com três astronautas, acopla-se à Soyuz 19, com dois cosmonautas a bordo (*The Partnership: A History of the Apollo-Soyuz Test Project*, 2005).

Um dado marcante desta missão foi o fato de Deke Slayton, pertencente ao primeiro grupo de astronautas da NASA, ter realizado sua primeira missão espacial. Ainda durante o Programa Mercury, os médicos da NASA identificaram uma arritmia cardíaca em Deke Slayton. Em função disso, a NASA resolveu afastá-lo dos vôos, deixando-o como chefe dos astronautas. Em função de uma gripe, ele ingeriu doses maciças de Vitamina C descobrindo, então, que a sua arritmia cardíaca cessara. Dezesesseis anos depois de ingressar na NASA, Deke Slayton realizou seu sonho de viajar ao espaço.

Exatamente 7 anos após a chegada à Lua, 20 de julho de 1976, após viajar pelo espaço por um ano, percorrendo 100 milhões de quilômetros, a espaçonave Viking 1, Figura 1.23a, chega a Marte, Figura 1.23b. A Viking 2 ainda demorou mais alguns meses para lá chegar. A primeira atividade da Viking 1 foi fotografar o seu próprio pé para, na eventualidade de estar em terreno movediço, saber-se com a devida antecedência que ela afundaria. A Figura 1.23c mostra a primeira fotografia tirada da superfície marciana.

Entre 1975 e 1981, nenhum americano orbitou a Terra. Em 05 de janeiro de 1972 o presidente americano Richard Nixon lançou o programa do ônibus espacial. Para celebrar os 20 anos do vôo pioneiro de Yuri Gagarin os americanos lançaram, em 12 de abril de 1981, o seu primeiro ônibus espacial, o Space Shuttle Columbia. Em função de ser reutilizável, acreditava-se que o Space Shuttle traria uma grande redução nos custos da exploração espacial. Com exceção do tanque de combustível líquido, o enorme cilindro marrom mostrado na Figura 1.24a, a nave e os tanques de combustível sólido são reutilizáveis. No entanto, os custos operacionais do ônibus espacial, da ordem de 500 milhões de dólares por vôo, consomem cerca de 40% do orçamento anual da NASA. Para completar houve dois acidentes. O primeiro em 1986 e o último em 2003, ceifando as vidas de 14 astronautas.

Figura 1.23a. Espaçonave Viking, a parte superior orbitava Marte enquanto a inferior descia à superfície do Planeta Vermelho.

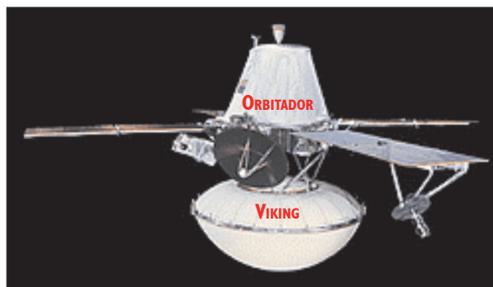


Figura 1.23b. O Planeta Vermelho e a Viking.

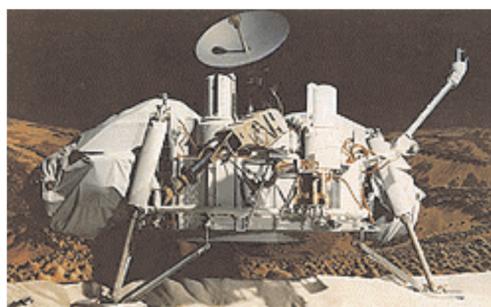


Figura 1.23c. Foto tirada pela Viking I com um dos seus pés em destaque (canto inferior direito).



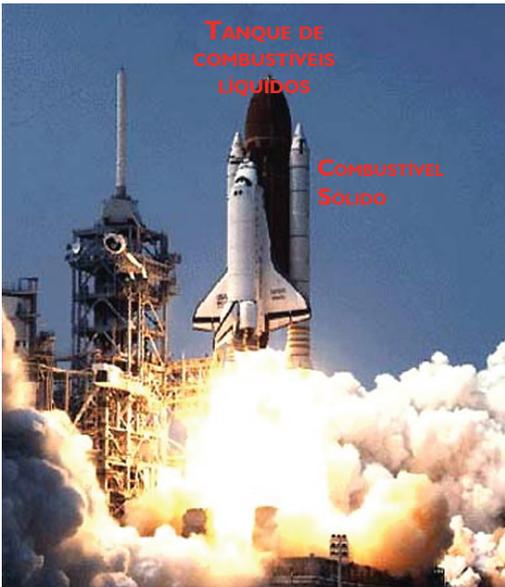


Figura I.24a



Figura I.24b

Figura I.24a. Lançamento do ônibus espacial Atlantis transportando a Sonda Magalhães para exploração de Vênus, 1989.

Figura I.24b. Lançamento do ônibus espacial russo, Buran, em um vôo não tripulado, 1988.

Em 1989, a Sonda Magalhães foi lançada pelo Shuttle para explorar o planeta Vênus, Figura 1.24a. Um ano depois, 25 de abril de 1990, o ônibus espacial colocou o telescópio Hubble a 600 km de altitude em órbita da Terra, Figura 1.25. Bastante celebrado por astrônomos e cientistas do planeta, o Hubble apresentou uma avaria no seu espelho. Em dezembro de 1993 a NASA realizou uma missão tripulada do ônibus espacial para a substituição desse espelho. Desde então, o Hubble revelou o Universo, Figura 1.25 [**Hubble 15 Anos de Descobertas**, Scientific American Brasil, DVD]. Em 29 de outubro de 1998, o senador John Glenn, o primeiro americano a orbitar a Terra, realizou sua segunda viagem ao espaço. Ele passou 9 dias a bordo do ônibus espacial (STS-95), avaliando os efeitos do vôo espacial sobre uma pessoa com 77 anos de idade.



Figura I.25a

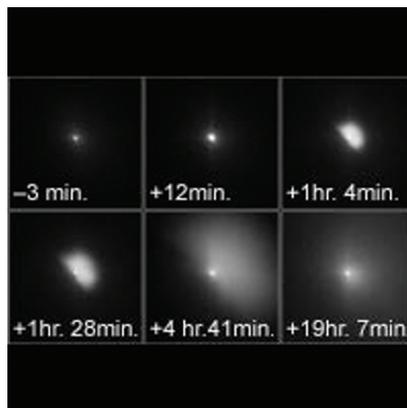


Figura I.25b

Figura I.25a. O Telescópio Espacial Hubble abre as portas do Universo.

Figura I.25b. Imagens feitas pelo Hubble em 04 de julho de 2005, quando a espaçonave Deep Impact intencionalmente colidiu com o cometa Tempel 1.

Os russos enveredaram pelo caminho da Estação Espacial Mir que orbitou a Terra entre os anos de 1986 e 2001, Figura 1.26a. A Mir foi o mais

importante laboratório de pesquisas práticas sobre a permanência do homem no espaço (Enciclopédia do Espaço e do Universo, 1997). Um dos seus feitos foi conhecer como reagia o corpo humano à ausência de gravidade por longos períodos. Esses resultados são fundamentais para se avaliar a possibilidade de uma viagem a Marte, com duração prevista de 1,5 ano. Na Mir, o médico russo Valeri Polyakov (1942-) bateu o recorde de permanência no espaço, ficando 438 dias consecutivos em órbita, de 8 de janeiro de 1994 a 22 de março de 1995.

A idéia de construir uma estação espacial e de ter espaçonaves que pudessem fazer, de uma maneira continuada, o transporte Estação-Terra era antiga. Apesar de não ter sido o idealizador desse conceito, von Braun foi seu ardoroso defensor. Em função da Corrida Espacial, entretanto, russos e americanos tiveram que esperar alguns anos para implementá-la. Curiosamente, enquanto os russos se especializaram nas tecnologias da estação espacial, os americanos optaram pelo desenvolvimento dos ônibus espaciais.

Em 15 de novembro de 1988 os russos realizaram um voo não tripulado com o seu ônibus espacial, denominado Buran, Figura 1.24b. Outros vôos deveriam ocorrer. Entretanto, devido à falta de recursos o projeto foi terminado em 1993, pelo presidente Boris Yeltsin (1931-), o primeiro presidente eleito da Rússia (1991). As semelhanças entre o Space Shuttle e o Buran são evidentes, muito embora o foguete do Buran, denominado Energia, faça uso somente de propelentes líquidos e possua capacidade equivalente ao Saturno V, sendo, portanto, mais potente que o foguete do Shuttle.

Figura 1.26a. A Estação Espacial Mir a 400 km da Terra com a Soyuz e a Progress acopladas.

Figura 1.26b. Space Shuttle Atlantis acoplado à Mir.

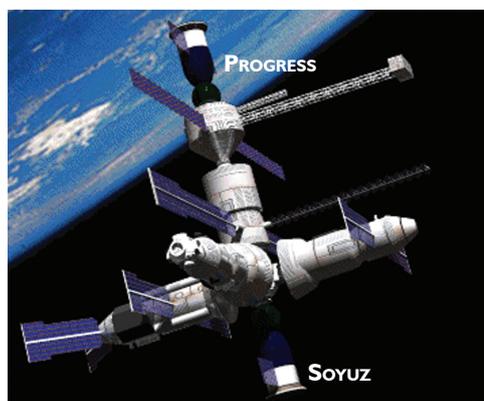
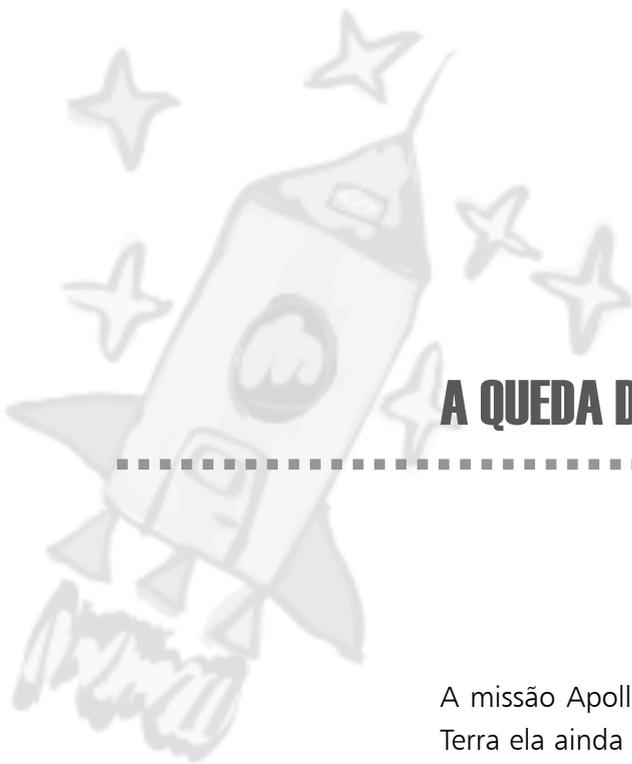


Figura 1.26a



Figura 1.26b

Os americanos desenvolveram o projeto de uma estação espacial própria, denominada Freedom (liberdade), em uma clara provocação aos russos. Em 1984 os americanos tornaram seu projeto multinacional convidando nações amigas para dele participarem. A partir de então o projeto da Freedom foi modificado e a estação espacial foi denominada de "Estação Espacial Internacional", conhecida pela sigla ISS (*International Space Station*) [Descobrimo a Estação Espacial, Discovery Channel, DVD].



A QUEDA DO MURO DE BERLIM

A missão Apollo-Soyuz marcou o fim da Guerra Fria no espaço. Aqui na Terra ela ainda perdurou por alguns anos, ainda que de forma tímida. Na década de 1970, alguns países do Sudeste Asiático tornam-se comunistas, tais como Laos e Camboja, em 1975, e o Vietnã do Sul, em 1976. O mesmo ocorreu na África onde Congo (1970), Benin (1972), Guiné-Bissau (1974), Angola (1975), Moçambique (1975) e Etiópia (1976) também se tornam comunistas (Almanaque Abril, 2002).

Em 1973, as superpotências concordaram em desacelerar a corrida armamentista (Política da *Détente*). Esse acordo durou até 1979, quando a URSS invadiu o Afeganistão. Como represália, os EUA se recusaram a participar dos Jogos Olímpicos de 1980, ocorridos em Moscou. Os russos retribuiriam a desfeita e, quatro anos depois, se recusaram a participar dos Jogos Olímpicos de Los Angeles.

O ano de 1985 marcou a ascensão ao poder soviético de Mikhail Gorbatchov (1931-). Um ano depois, ele anunciou um plano de reformas do sistema comunista, conhecido como *Perestroika*. Gorbatchov também deu início à liberação daqueles que, por discordarem do regime, foram encarcerados. Dentre eles encontrava-se o físico Andrei Sakharov (1921-1989), laureado com Prêmio Nobel da Paz (1975). Sakharov não pôde receber o prêmio, por não ter obtido permissão para deixar a URSS. Em 1987, Gorbatchov e Reagan assinam um acordo para diminuição da quantidade dos mísseis de médio alcance na Europa.

Apesar desse clima de distensão, houve aqueles que lutaram pela manutenção do velho regime. Em 1989 foi assassinado o último alemão oriental que tentou escapar para a Alemanha Ocidental, através do Muro de Berlim. Em agosto do mesmo ano, a Hungria (país comunista) abriu suas fronteiras com a Áustria. Através dela, 13 mil alemães orientais deixaram o seu país. Na mesma época tiveram início as manifestações contra o regime comunista na Alemanha Oriental. Erich Honecker (1912-1994), o líder da Alemanha

Ocidental desde 1971, renunciou em outubro de 1989. O seu substituto permitiu aos berlinenses orientais solicitarem vistos para viajar a Berlim Ocidental. Cinquenta e um anos após a famigerada “Noite dos Cristais” [**Dias que Abalaram o Mundo, Vol. 3**, BBC-Abril, DVD], no dia 9 de novembro de 1989, milhares de berlinenses orientais se concentraram nos pontos de passagem entre Berlim Oriental e Berlim Ocidental. Diante da multidão, e temendo um massacre, os guardas abriram os portões, em um dos mais importantes eventos da História do Século XX [**Dias que Abalaram o Mundo, Vol. 5**, BBC-Abril, DVD]. Do outro lado, lhes aguardavam os seus compatriotas, Figura 1.27. Foi o início da reunificação alemã, que se materializou em 03 de outubro de 1990. Os regimes comunistas do leste europeu dissolveram-se, culminando com a dissolução da própria URSS em 1991. Era o fim de uma Era. Em 2003, Paul McCartney cantou várias canções dos Beatles para uma multidão de 100 mil moscovitas na Praça Vermelha [**Paul McCartney in Red Square**, Warner Music Video, DVD]. Ironicamente, defronte ao Memorial Lênin, existe um dos mais caros *shoppings* do planeta.



Figura 1.27. O fim de uma era: alemães comemoram a queda do Muro.



DE VOLTA AO ESPAÇO

Em 1993, russos e americanos assinaram um acordo de cooperação espacial que contemplava a construção da ISS. A primeira etapa deste acordo previa acoplamentos espaciais entre os ônibus espaciais americanos e a Mir. Entre 1995 e 1998 houve sete missões nas quais o Shuttle se acoplou à Mir, Figura 1.26b. Em fevereiro de 1997 houve um incêndio na Mir e, em junho do mesmo ano, ocorreu a colisão da espaçonave-cargueira russa Progress com a Mir. Por pouco a tripulação (1 americano e 2 russos) não teve que embarcar na cápsula Soyuz em um retorno de emergência à Terra. Finalmente, em 23 de março de 2001, os russos induziram a reentrada da Mir na atmosfera terrestre, causando sua desintegração.

Além dos EUA e da URSS, fazem parte da ISS outros 14 países, incluindo o Brasil, Figura 1.28. A ISS é significativamente maior do que a Mir. Quando pronta, ela terá 420 toneladas e será do tamanho de um campo de futebol. A Mir tinha uma massa de cerca de 135 toneladas. Os americanos responderão por cerca de 49,7 % dos custos referentes à construção da ISS. Aos russos caberão a parcela de 28,5%. Europeus (ESA - Agência Espacial Européia), japoneses e canadenses deverão responder por 10,5%, 8,9% e 2,4%, respectivamente (Souza, 2003). O Brasil entrou como participante, junto aos americanos. As finalidades da ISS são as seguintes: exploração espacial, realização de experimentos em ambientes de microgravidade, desenvolvimento de produtos com finalidades comerciais e atividades educacionais (Souza, 2003).

Em 20 de novembro de 1998 começou a montagem da ISS, com o lançamento do módulo de controle Zarya, por meio de um foguete Proton. No mês seguinte, os Estados Unidos lançaram o módulo de conexão Unity, que se uniu ao Zarya. O primeiro acoplamento com o Zarya foi realizado pelo ônibus espacial Discovery, em maio de 1999. Desde então, dezenas de vôos foram realizados, a maioria dos quais pelos russos. Enquanto os americanos fazem uso do ônibus espacial, os russos usam a Soyuz e a Progress. Até junho

de 2006 a Soyuz realizou 13 vôos tripulados à ISS. Mais de uma centena de pessoas, de 10 diferentes nacionalidades, visitaram a ISS, incluindo o brasileiro Marcos Pontes. Dezenas de cápsulas russas Progress, não tripuladas, já se acoplaram à ISS com o objetivo de levar alimentos, água, combustível, oxigênio e experimentos à ISS. Na volta, trazem o lixo acumulado pela tripulação o qual, é incinerado, junto com a cápsula, durante a reentrada atmosférica. Além do ônibus espacial americano e dos foguetes russos Proton e Soyuz, participarão do esforço de conclusão da ISS o foguete europeu Ariane 5 e o japonês H-II, Figura 1.30. A ISS possui uma órbita inclinada de 51°, com relação ao Equador, e está a 350 km da superfície terrestre.

INTERNATIONAL SPACE STATION

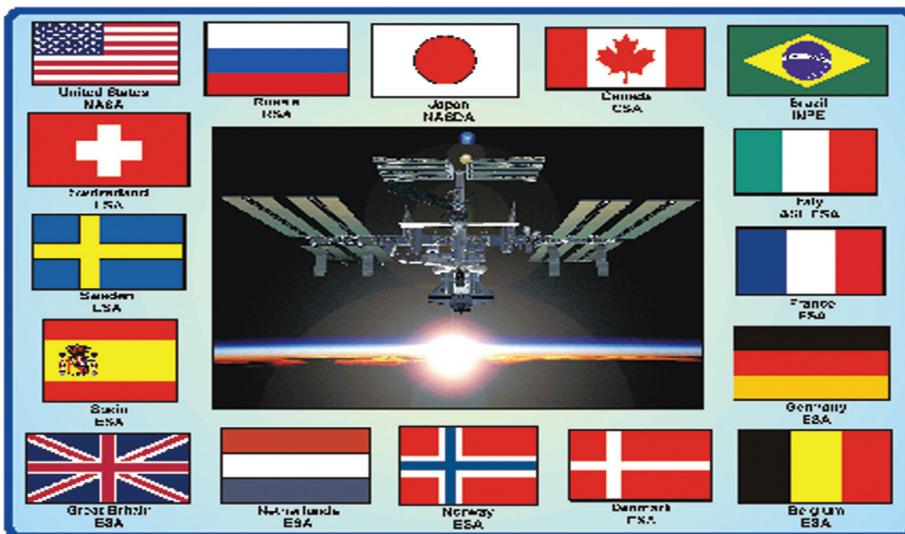


Figura 1.28. Estação Espacial Internacional: o mundo unido no espaço.

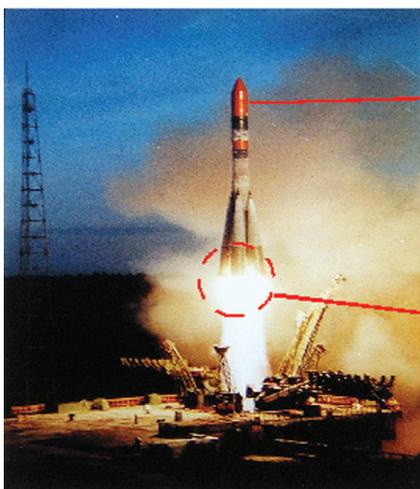


Figura 1.29a



Figura 1.29b



Figura 1.29c

Figura 1.29a. Lançamento do foguete Soyuz em direção à ISS.

Figura 1.29b. Cápsula Soyuz se aproximando da ISS.

Figura 1.29c. Os diversos propulsores do foguete Soyuz.



Figura I.30a. Foguete Ariane 5, europeu.

Figura I.30b. Foguete H-IIA, japonês.



Figura I.30a

Figura I.30b

Com o acidente do ônibus espacial Columbia, ocorrido em primeiro de fevereiro de 2003, o programa da ISS sofreu um grande revés. Por mais de dois anos foram os foguetes russos Soyuz e Proton que mantiveram a ISS em funcionamento, transportando tripulações e suprimentos. Entretanto, somente o ônibus espacial tem capacidade para levar ao espaço vários dos componentes da ISS. Por isso, das 420 toneladas previstas, somente 186 encontram-se em órbita atualmente. Entre 26 de julho e 09 de agosto de 2005, o ônibus espacial Discovery realizou um voo teste, revelando que o desprendimento da proteção térmica do tanque de combustível líquido persiste. Vale lembrar que foi esta a causa do acidente de 2003. Em julho de 2006, um novo voo foi realizado, oferecendo à NASA a segurança necessária para a retomada de voos regulares. Em se confirmando as expectativas atuais, a montagem da ISS estará concluída em 2010, ano em que a NASA pretende aposentar a sua frota de ônibus espaciais.



Figura I.31. Configuração atual da ISS.



O ASTRONAUTA BRASILEIRO

Em troca do direito de utilização da ISS, o Brasil foi convidado pela NASA para, junto com os americanos, participar da construção da estação. Como resultado desse convite, foi assinado, em 14 de outubro de 1997, um acordo entre o Brasil e os EUA. Nele, o Brasil se comprometia a fornecer seis componentes da ISS, a um custo estimado de 120 milhões de dólares. Foi a partir deste acordo que surgiu a possibilidade do Brasil ter um astronauta. O escolhido foi o piloto da Força Aérea Brasileira, Marcos Pontes (1963-) que, em 1998, iniciou o seu treinamento no Centro Espacial Johnson da NASA. Em dezembro de 2000, ele concluiu o seu curso, sendo declarado astronauta. Tendo em vista as dificuldades do Brasil em participar da construção da ISS nos níveis inicialmente previstos, a significativa redução no número de vôos do Space Shuttle e as dezenas de astronautas americanos desejosos de ir ao espaço, eram pequenas as chances do Ten. Cel. Av. Marcos Pontes voar no ônibus espacial americano. Considerando-se estes fatos, bem como o centenário do vôo do 14-Bis em 2006, o governo brasileiro, por meio da Agência Espacial Brasileira (AEB), aceitou o oferecimento dos russos de transportar o astronauta Marcos Pontes à ISS, no foguete e cápsula Soyuz. A viagem de Pontes foi denominada Missão Centenário, em homenagem a Santos Dumont que, há cem anos, realizou o vôo do 14-Bis, na França, Figura 1.32.

Era noite do dia 29 de março, horário de Brasília, quando Marcos Pontes foi conduzido ao foguete Soyuz por uma lenda viva. Seu nome: Valentina Tereskova (1937-) que, em junho de 1963, tornou-se a primeira mulher a entrar em órbita da Terra, onde permaneceu por três dias.

Dez minutos após o lançamento do foguete Soyuz, Marcos Pontes tornava-se o primeiro brasileiro no espaço e o 440º ser humano a entrar em órbita da Terra, visto que o seus companheiros de viagem, o cosmonauta Pavel Vinogradov (1953-) e o astronauta Jeffrey Williams (1958-), eram veteranos em vôos espaciais.

Uma vez na ISS, Pontes realizou oito experimentos desenvolvidos por universidades, centros de pesquisa e escolas brasileiras. Por meio do Programa

Microgravidade e do Programa AEB Escola, ambos da Agência Espacial Brasileira, professores e alunos da Secretaria Municipal de Educação de São José dos Campos, foram responsáveis por ¼ dos experimentos brasileiros levados à ISS. Foram eles: “Germinação de Feijão” e “Cromatografia da Clorofila”.

À medida que o astronauta executava os experimentos na ISS, alunos e professores o acompanhavam, realizando os experimentos na Terra. Este acompanhamento em “tempo real” foi possível graças ao envio por Pontes, via correio eletrônico, das fotos tiradas na ISS. Ao retornar à Terra, em 08 de abril de 2006, Pontes trouxe consigo as sementes de feijão germinadas. Elas foram, então, enviadas a São José dos Campos onde, no dia 12 de abril, foram plantadas e tiveram o seu crescimento acompanhado. No dia 25 de abril, numa grande festa, Pontes encontrou-se com os alunos das escolas e pôde ver os pés de feijão resultantes das sementes que germinaram no espaço.

Detalhes sobre os experimentos das escolas, incluindo os resultados obtidos, podem ser obtidos no portal eletrônico www.las.inpe.br/microg/.



Figura 1.32. 100 anos depois de Santos-Dumont foi a vez de outro brasileiro brilhar.



TEM CARA NOVA NO ESPAÇO

A China é um país de grandes dimensões territoriais e com cerca de 20% da população do planeta. Após anos de conflitos internos este país asiático implantou, em primeiro de outubro de 1949, o regime comunista. Desde então, passou a denominar-se República Popular da China. O governo capitalista fugiu para uma pequena ilha, lá fundando a República da China (Taiwan), Figura 1.33.

Em função da polaridade EUA × URSS, este gigante parece ter ficado esquecido do restante do planeta. Com a queda do Muro de Berlim o mundo abriu os olhos para os chineses. Há mais de uma década sua economia cresce a taxas elevadas, tendo atraído o interesse de países capitalistas, notadamente dos EUA. Por algumas décadas os produtos chineses foram considerados de terceira linha e, talvez por isso, muitos julgaram que este país não fosse capaz de gerar tecnologia de ponta.

Quase mil anos após terem inventado a pólvora, os chineses “surpreenderam” o mundo ao colocarem o primeiro chinês em órbita da Terra. O feito se deu em 13 de outubro de 2003, ocasião na qual o “taikonauta” (denominação chinesa para astronauta) Yang Liwei orbitou a Terra por 21,5 horas. Além da China, somente EUA e Rússia têm condições de colocar seres humanos em órbita. A última vez que a China tinha surpreendido o planeta foi por ocasião dos protestos estudantis na Praça da Paz Celestial. Foi em 1989, ocasião em que 200 estudantes chineses foram mortos em confronto com as forças armadas e tanques governamentais, Figura 1.34.

O governo comunista chinês logo percebeu a importância da área espacial. Em 1950, Tsien Hsue-Shen, Figura 1.35, então vivendo nos EUA e trabalhando no Laboratório de Propulsão a Jato, foi condenado à prisão domiciliar, sob a acusação de pertencer ao Partido Comunista. Ele voltou à China em 1955 e deu início ao programa espacial daquele país. Por ocasião da II Guerra Mundial, Tsien foi um dos cientistas que acompanhou as tropas americanas à medida que elas entraram na Alemanha, em busca de documentos associados à V-2. Alguns dos fatos marcantes do desenvolvimento dos chineses

na área espacial são listados a seguir:

- 1956:** Tsien Hsue-Shen obteve dos soviéticos alguns mísseis R-2 (derivados da V-2).
- 1966:** Tsien iniciou o programa espacial tripulado chinês, com a intenção de colocar dois chineses em órbita da Terra em 1973 (semelhantemente ao programa Gemini americano).
- 1969:** Primeiro lançamento dos foguetes da série “Longa Marcha”.
- 1970:** Em 24 de abril foi lançado o satélite artificial DFH-1. Durante os seus 15 dias de funcionamento o satélite transmitiu o hino “O Oriente é Vermelho”.
- 1971:** Em 03 de março os chineses lançaram seu primeiro satélite de comunicação, o Shi Jian 1.
- 1974:** Foi feita a tentativa de lançamento de um satélite recuperável. Houve falha no foguete, mas entre 1975 e 1987 os chineses lançaram 9 desses satélites.
- 1984:** Os americanos ofereceram a oportunidade do voo de um chinês a bordo de um ônibus espacial. Os chineses recusaram a oferta.
- 1985:** Os chineses entraram no mercado de lançamentos comerciais de satélites, ou seja, mediante pagamento efetuaram o lançamento de satélites de nações estrangeiras. Entre 1985 e 2000, 27 lançamentos desse tipo foram efetuados.
- 1988:** Foram lançados 3 satélites militares e 1 satélite meteorológico.
- 1992:** O Pai do Programa Espacial Chinês, Tsien Hsue-Shen, se aposentou, mas os chineses se mantiveram firmes no propósito de colocar um homem em órbita da Terra até 1999.
- 1995:** Um acidente com o foguete Longa Marcha 2E, após 50 segundos de voo, matou pelo menos seis pessoas e feriu dezenas de outras. Neste mesmo ano, os russos aceitaram treinar astronautas chineses.
- 1999:** A China lançou e recuperou a espaçonave não tripulada Shenzhou (nave divina).

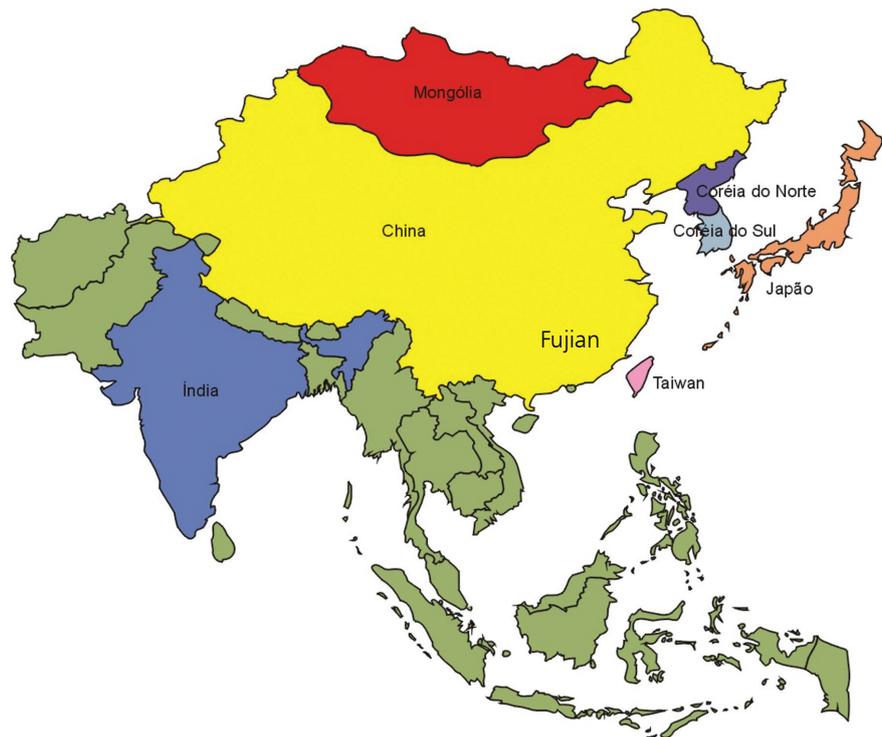


Figura 1.33. A China e os seus vizinhos asiáticos.



Figura 1.34. Conflitos na Praça da Paz Celestial, 1989.

Em 12 de outubro de 2005, os chineses colocaram os taikonautas Fei Junlong e Nie Haisheng, Figura 1.36, em órbita da Terra, a bordo da espaçonave Shenzhou 6, Figura 1.37. Ao contrário do lançamento da Shenzhou 5, em outubro de 2003, o lançamento da Shenzhou 6 foi transmitido ao vivo pela TV. No entanto, jornalistas estrangeiros não foram admitidos no centro de lançamento. Desta feita, os chineses passaram cinco dias em órbita da Terra. Mal Fei e Nie voltaram à Terra, os chineses comunicaram a intenção de realizar uma caminhada espacial em 2007 e de colocar uma espaçonave não tripulada em solo lunar, até 2010.

Para o governo chinês a conquista do espaço tem conseqüências militares, comerciais e na auto-estima do seu povo. Com uma população de 1,3 bilhão de habitantes e um Produto Interno Bruto (PIB) de 1,3 trilhão de dólares, a China apresenta uma renda per capita de 1.300 mil dólares. Os chineses tratam o seu programa espacial como um programa de Estado, a ele dedicando enorme atenção e recursos. Para chegarem a este estágio de desenvolvimento eles contaram com a valiosa colaboração dos russos.

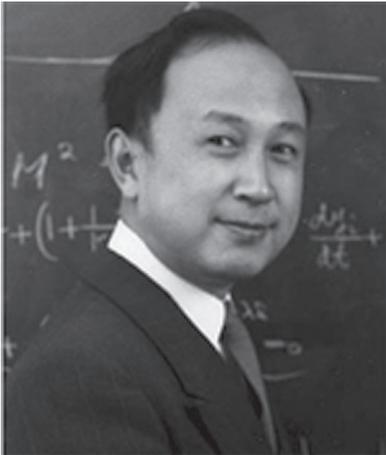


Figura I.35



Figura I.36

Figura I.35. Hsue-Shen: dos EUA para a China.

Figura I.36. Caras novas no espaço.



Figura I.37. Foguete Longa Marcha 2 F.

Apesar da manutenção do regime comunista, o governo chinês adotou, a partir de 1980, várias regras inerentes aos regimes capitalistas. Além disso, foi fundamental o aporte de recursos estrangeiros que visavam à barata mão de obra chinesa e o seu potencial mercado consumidor. Atualmente, produtos chineses podem ser encontrados em abundância em vários países do planeta. Estima-se que, em 30 anos, a China se torne a maior potência do planeta.

Além dos EUA, Rússia, Europa e China, são os seguintes os países capazes de colocar satélites em órbita: Japão, Índia, Ucrânia e Israel. Curiosamente a China não faz parte do esforço da ISS, Figura 1.28. Os chineses, entretanto, cooperam com o mundo ocidental. Com o Brasil, eles desenvolvem o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS). A Agência Espacial Européia (ESA) também coopera com os chineses. A ESA é formada pelos seguintes países: Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Espanha, França, Holanda, Itália, Noruega, Reino Unido, Suécia e Suíça.

Os EUA, que reataram relações com a China em 1972, têm preocupações com o desenvolvimento espacial chinês. Por experiência própria, os EUA sabem que uma nação que consegue colocar um homem em órbita da Terra e trazê-lo de volta, também é capaz de plantar uma ogiva nuclear em qualquer lugar da superfície terrestre. A China tem ao seu dispor cerca de 300 ogivas nucleares. Para completar, este país asiático tem inimigos históricos no continente. Um deles é o Japão, que por muitos anos invadiu o território chinês impondo sofrimento à sua população. Não faz muito tempo, a população chinesa fez um boicote aos produtos japoneses.

O outro inimigo histórico dos chineses é a República da China. Por muitos anos Taiwan, para onde fugiram os capitalistas chineses quando da revolução comunista, foi reconhecida pela ONU (Organização das Nações Unidas) como o país representante do povo chinês. Em 25 de outubro de 1971, a Assembleia Geral da ONU aprovou uma resolução que substituiu a República da China (Taiwan) pela República Popular da China (China comunista), como representante dos chineses. Apesar de inúmeras tentativas, Taiwan não teve seu ingresso aprovado como país membro da ONU.

Com uma população de 23 milhões de habitantes e com uma renda *per capita* de 15 mil dólares, Taiwan está localizada próximo à costa chinesa, Figura 1.33. Os comunistas chineses referem-se a Taiwan como “província renegada”. Teme-se que os comunistas resolvam um dia reassumir aquilo que consideram parte do seu território. Para os americanos, a grande concentração de mísseis na província de Fujian, Figura 1.33, é um forte indício da intenção dos chineses. Mesmo não aprovando a entrada de Taiwan como membro da ONU (para não provocar os chineses), os EUA deixam claro que não admitirão qualquer invasão do território de Taiwan.

Finalmente, existe a questão militar propriamente dita. Os satélites espiões e os satélites de posicionamento global (GPS) são hoje parte integrante da máquina de guerra americana. Dessa forma, existe o receio de que os chineses possam atingir um estágio de desenvolvimento tal, que lhes permita minar esta importante vantagem americana. A manchete do caderno "Mundo" do jornal Folha de S. Paulo, na sua edição de 22 de outubro de 2005, resume bem a situação atual: "Para EUA, nova Guerra Fria pode ser na Ásia."



O ESTÁGIO ATUAL E AS PERSPECTIVAS

Esta seção foi escrita em
outubro de 2005

Desde que Eugene Cernan e Harrison Schmitt deixaram a Lua, em dezembro de 1972, nenhum outro homem lá retornou. São 33 anos e, para muitos, foi um erro não ter dado continuidade às viagens lunares que, a essas alturas, já teriam levado o homem a Marte. A década de 1980 foi marcada pelos vôos do ônibus espacial americano, o Space Shuttle. Em 1986, um deles, Challenger, explodiu nos primeiros instantes de vôo [**Dias que Abalaram o Mundo 2, Vol.2**, BBC-Abril, DVD]. Posteriormente, o então presidente George Bush (pai do atual presidente americano) anunciou a intenção de voltar à Lua e chegar a Marte. Ficou no discurso, porque não houve recursos disponíveis para tal.

Em função da necessidade de diminuir o déficit orçamentário do governo federal (diferença entre receitas e despesas), a década de 1990 foi marcada por cortes no orçamento da NASA. O orçamento atual da NASA é de 16 bilhões de dólares, seis dos quais gastos com o programa do ônibus espacial. Em primeiro de fevereiro de 2003, a Columbia foi destruída ao reentrar na atmosfera terrestre. Em carta enviada a George Bush, em 14 de novembro de 2003, 1/4 do senado americano afirma que a NASA vem, há muito tempo, desenvolvendo muitos projetos para os recursos a ela alocados. De acordo com esses senadores, é chegada a hora da NASA encaixar os seus projetos ao orçamento disponível. A NASA já decidiu pela aposentadoria dos ônibus espaciais remanescentes (Discovery, Atlantis e Endeavour) até 2010. Tais fatos fizeram o governo americano revelar sua nova visão para a exploração espacial. Ela foi anunciada em 14 de janeiro de 2004 e inclui o retorno do homem à Lua e, eventualmente, viagens tripuladas a Marte.

Em setembro de 2005 a NASA anunciou detalhes deste plano que inclui, dentre outros, o envio de quatro astronautas à Lua até 2018. Para tanto, estima-se gastos de 100 bilhões de dólares, muito embora seja preciso ressaltar que essas estimativas quase sempre subestimam o custo real. O presidente George Walker Bush foi claro ao afirmar que este plano nada tem a ver com uma

nova corrida espacial. Segundo ele, outras nações são bem vindas a participar desta empreitada, em um espírito de cooperação e amizade. Ocorre que não havendo mais a justificativa militar, a solução é encontrar parceiros para dividir os elevados custos do projeto, tal qual feito com a ISS.

Os veículos necessários para se chegar à Lua resultarão do conhecimento acumulado nos programas Apollo e Space Shuttle. Será desenvolvido um foguete para o transporte de cargas e outro para o transporte de tripulação. Na Figura 1.38, à esquerda, é mostrado o foguete concebido para transportar 125 toneladas à órbita terrestre (equivalente ao peso de 125 automóveis). Os propulsores brancos mostrados na Figura 1.38, derivam dos propulsores sólidos do ônibus espacial, Figura 1.24a. O propulsor central é constituído de cinco motores, semelhantes àqueles existentes no ônibus espacial, que utilizam hidrogênio e oxigênio como combustíveis. Quanto ao foguete para o transporte da tripulação, mostrado na Figura 1.38, à direita, o mesmo tem o seu primeiro estágio derivado de um dos propulsores sólidos do Space Shuttle (cilindro branco), sendo o segundo estágio (cilindro marrom) derivado dos motores principais do ônibus espacial. Este foguete terá a capacidade de colocar 25 toneladas em órbita da Terra. Em ambos os casos a carga-útil é transportada no topo dos foguetes (mostrado em branco na Figura 1.38). A Figura 1.39 ilustra uma comparação entre o Saturno V, o Space Shuttle, o novo veículo de transporte de tripulação e o novo veículo de transporte de cargas.

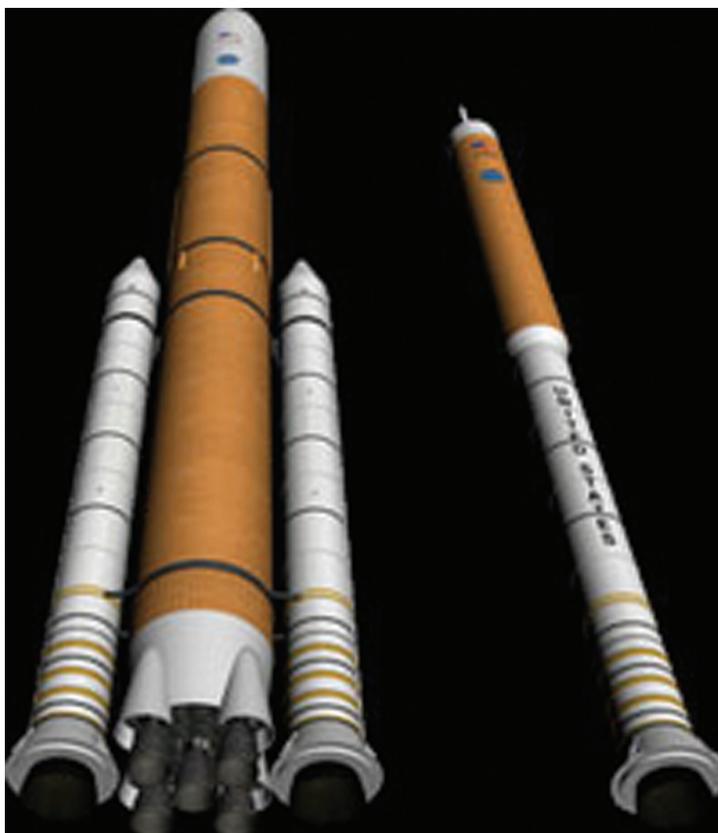


Figura 1.38. Concepção dos novos foguetes em estudo pela NASA.

Figura 1.39. A evolução dos foguetes espaciais americanos (1 feet = 0,3048 m).

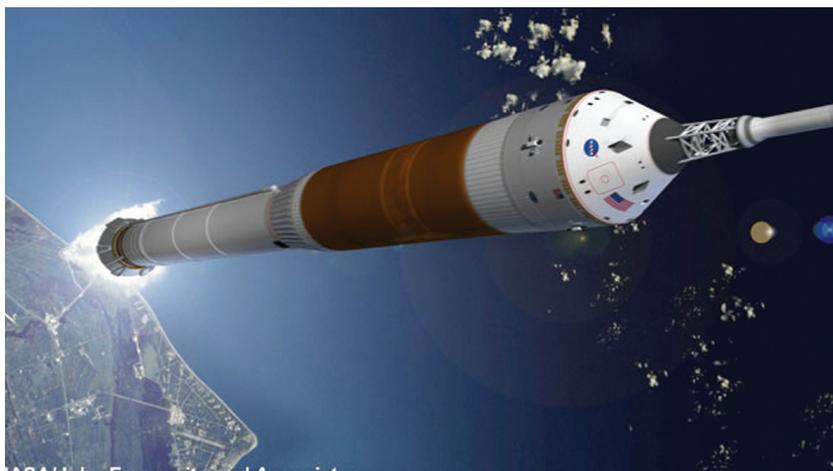
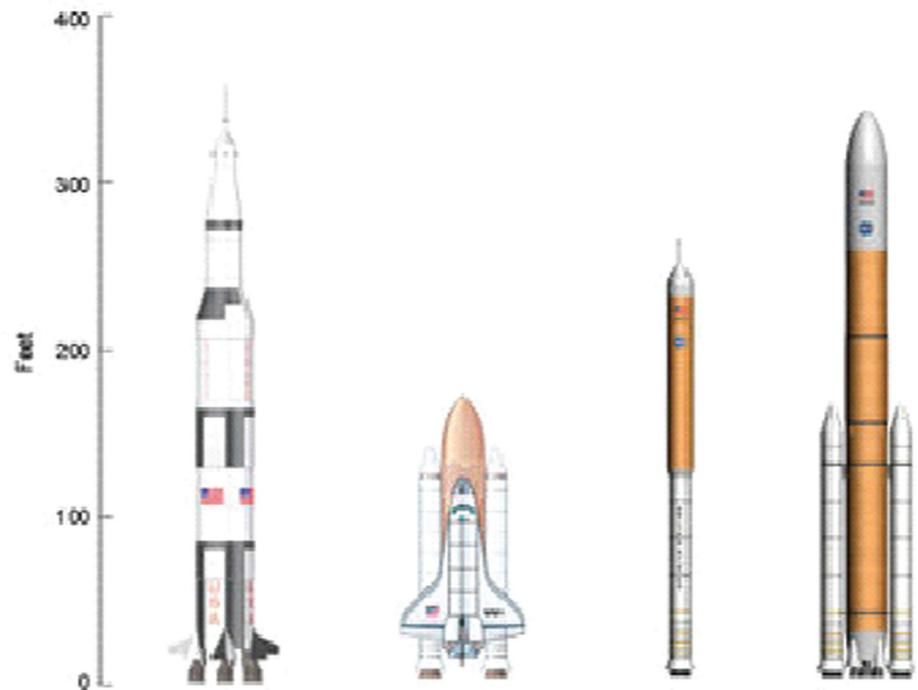


Figura 1.40. Concepção artística do novo foguete para o transporte do homem à Lua.



A Figura 1.40 ilustra com mais detalhes a concepção artística do foguete de transporte de tripulação. Observa-se que a cápsula para o transporte da tripulação possui a geometria cônica, semelhante à Apollo. No entanto, ela será três vezes maior. Como no caso da Apollo, Figura 1.18, ela contará com uma torre de escape. Em caso de emergência um foguete acoplado à torre é acionado separando a tripulação do restante do foguete. Caso a cápsula não possua energia suficiente para entrar em órbita, a mesma iniciará um movimento de queda livre permitindo-a, após o uso de um sistema de pára-quedas (também semelhante à Apollo), retornar à superfície, tanto em terra quanto no mar.

Apesar das semelhanças físicas, os materiais, sistemas de controle e computadores serão de última geração, permitindo, assim, o desenvolvimento de

veículos mais eficientes, mais seguros e com capacidade de carga superior. Ao contrário das cápsulas Apollo, as ora em fase de concepção terão uma vida-útil de 10 missões. Além disso, transportarão quatro astronautas. A expectativa da NASA é a de que estes novos foguetes estarão aptos a levarem tripulação e suprimentos à ISS daqui a cinco anos, Figura 1.41a.

De acordo com esta proposta, o foguete para a viagem lunar, incluindo o Módulo-Lunar, será colocado em órbita da Terra pelo foguete cargueiro, Figura 1.41a. Em seguida, será lançada a cápsula com a tripulação, juntamente com o Módulo de Serviço, Figura 1.41b. A Cápsula-Módulo de Serviço se acoplará ao sistema Foguete-Módulo Lunar já em órbita, dando início à viagem lunar. Após 3 dias, o Módulo de Serviço, a Cápsula e o Sistema de Pouso-Decolagem lunar entrarão em órbita da Lua, Figura 1.41d. O Módulo de Serviço é dotado de coletores solar, para geração de energia elétrica, Figura 1.41d. Os astronautas ficarão sete dias em solo lunar, Figura 1.41e, após os quais deixarão a Lua, Figura 1.41f, em direção à Cápsula-Módulo de serviço, que orbitam a Lua. Após o acoplamento Módulo Lunar-Módulo de Serviço-Cápsula, o Módulo Lunar é liberado e o motor do Módulo de Serviço é acionado. Antes da reentrada na atmosfera terrestre os astronautas se alojam no interior da Cápsula e ejetam o Módulo de Serviço. A alguns quilômetros próximo da superfície terrestre os pára-quedas são acionados e a velocidade de queda da cápsula é significativamente reduzida, Figura 1.41g.

Nas missões Apollo as cápsulas caíam no mar e eram recuperadas por helicópteros que ficavam a bordo de porta-aviões. Por questões econômicas e de facilidade operacional pretende-se, desta vez, efetuar o resgate em terra. Dessa forma, próximo ao solo, o sistema de proteção térmica na base da Cápsula é ejetado permitindo o acionamento de retro-foguetes (foguetes que são acionados no sentido contrário ao movimento da cápsula momentos antes do choque com o solo). Para atenuar o impacto com o solo, sistemas atenuadores de impacto do tipo air-bag serão utilizados, Figura 1.41h. Este sistema já é utilizado pelos russos, desde os primórdios do seu programa espacial. Por segurança, existirá também a opção pelo pouso na água. A Figura 1.42 fornece uma idéia mais abrangente das futuras missões lunares.

Uma das idéias sob consideração é a exploração do Pólo Sul lunar onde existem enormes quantidades de hidrogênio e, possivelmente, água. Diferentemente das missões Apollo, que pousavam no Equador lunar, as futuras espaçonaves terão autonomia para pousar em qualquer região da superfície lunar. Estão planejadas duas missões a cada ano. Nelas, todos os quatro astronautas alunissarão, enquanto a espaçonave continuará, sozinha, em órbita da Lua. Muito embora as missões iniciais prevejam sete dias de permanência na Lua, pretende-se estendê-la para seis meses. Será o início da colonização lunar, onde pretende-se criar as condições necessárias para a

sobrevivência humana por longos períodos de tempo. Assim, será possível verificar se os astronautas serão capazes de obter água potável e produzir o combustível necessário para a locomoção no espaço. Seguramente, é menos difícil demonstrar essas possibilidades na Lua (a 3 três dias de viagem da Terra) do que em Marte, a 180 dias de viagem.

Figura 1.41a. Lançamento do Foguete-Módulo Lunar em órbita da Terra.

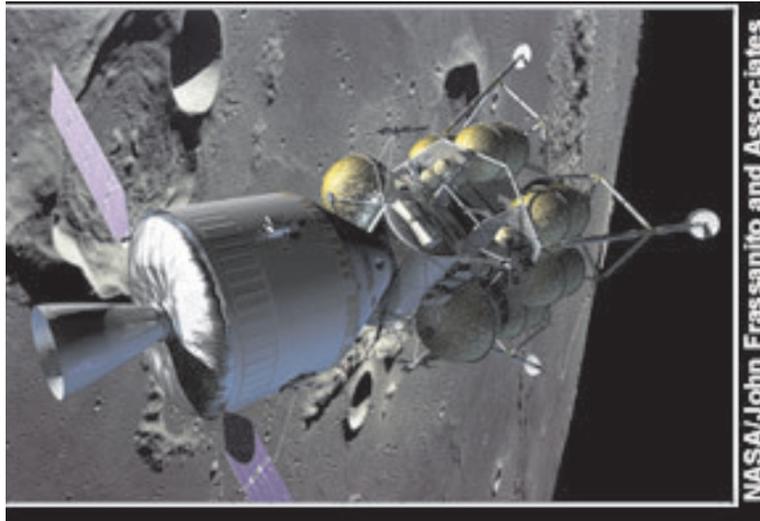


Figura 1.41b. Colocação da Módulo de Serviço-Cápsula em órbita da Terra.



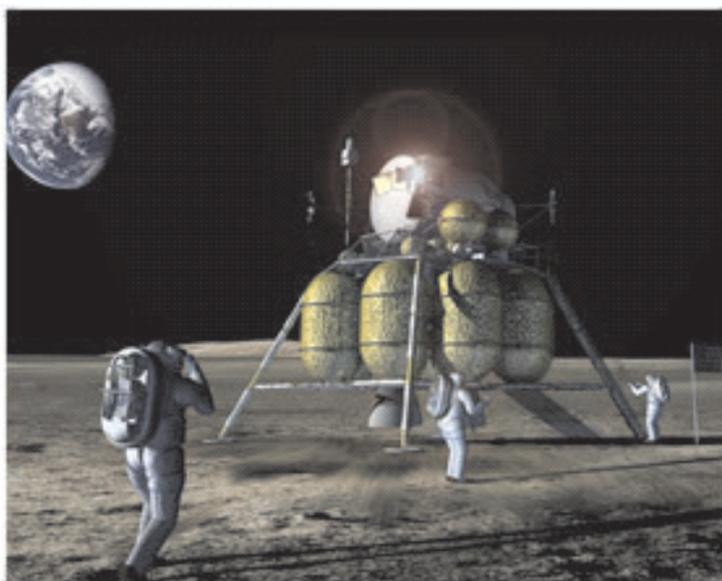
Figura 1.41c. Acoplamento da Cápsula-Módulo de Serviço ao Foguete-Módulo Lunar já em órbita, com posterior acionamento do foguete rumo à Lua.





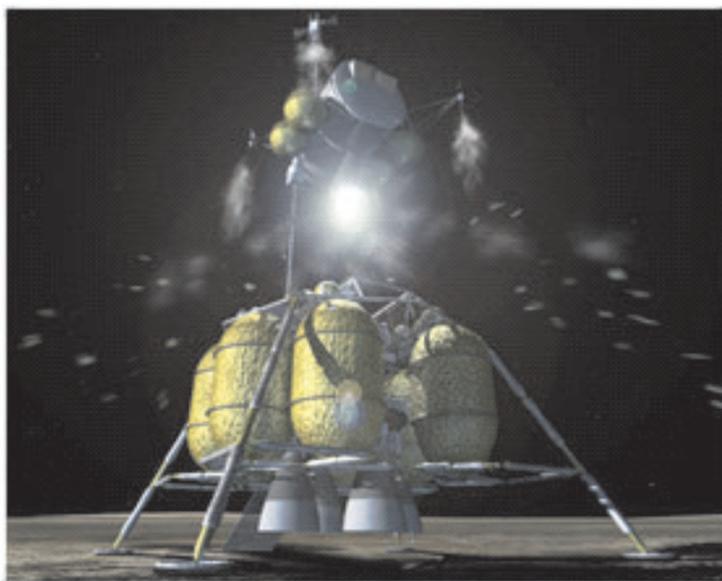
NASA/John Frassanito and Associates

Figura 1.41d. Módulo de Serviço-Cápsula-Módulo Lunar orbitando a Lua.



NASA/John Frassanito and Associates

Figura 1.41e. Quatro astronautas explorarão a superfície lunar.



NASA/John Frassanito and Associates

Figura 1.41f. Módulo Lunar parte ao encontro do Módulo de Serviço-Cápsula.

Figura 1.41g. A Cápsula reentra na atmosfera e os pára-quadras são acionados.

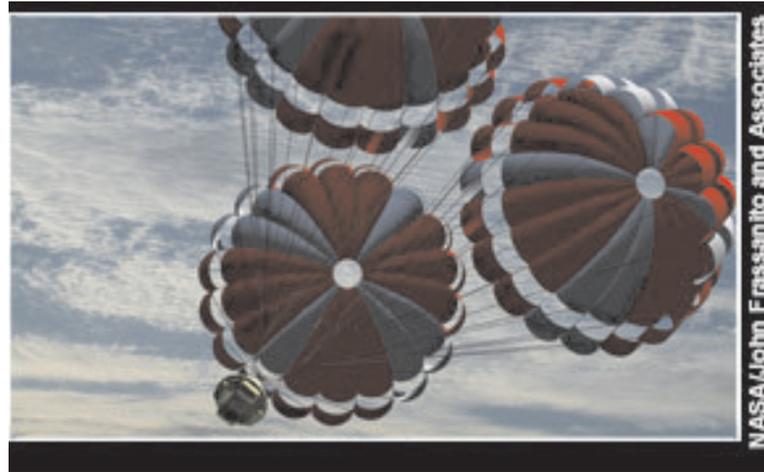


Figura 1.41h. Acionamento do *air-bag* na aterrissagem.



Figura 1.41i. Acoplamento do Módulo de Serviço-Cápsula à ISS.



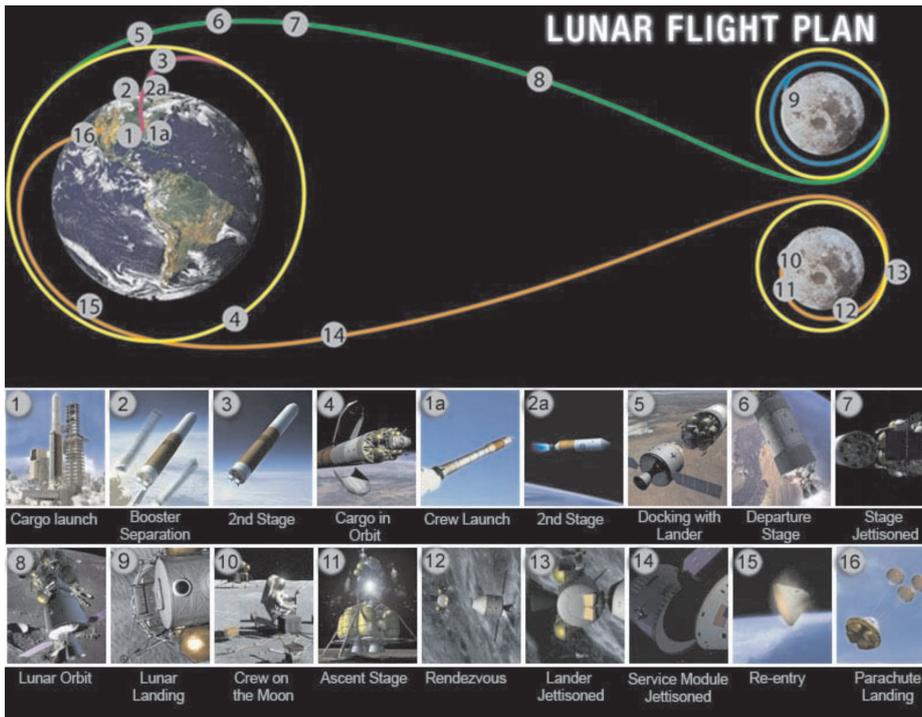


Figura I.42. Perfil de futuras missões lunares.

1. Lançamento do foguete cargueiro.
2. Ejeção dos *boosters* (foguete a propelente sólido).
3. Vôo do segundo estágio (propelente líquido).
4. Colocação do Foguete Auxiliar-Módulo Lunar em órbita.
 - 1.a Lançamento do foguete com a tripulação.
 - 2.a Vôo do segundo estágio (propelente líquido).
5. Acoplamento Módulo de Serviço-Cápsula-Foguete Auxiliar-Módulo Lunar.
6. Acionamento do Foguete Auxiliar.
7. Ejeção do Foguete Auxiliar.
8. Módulo de Serviço-Cápsula-Módulo Lunar em órbita da Lua.
9. Alunissagem do Módulo Lunar.
10. Descida de 4 astronautas em solo lunar, onde ficarão por sete dias.
11. Acionamento do foguete do Módulo Lunar.
12. Acoplamento do Módulo Lunar com o Módulo de Serviço-Cápsula.
13. Ejeção do Módulo Lunar.
14. Ejeção do Módulo de Serviço.
15. Reentrada da Cápsula na atmosfera terrestre.



Figura 1.43. Proposta russa para a cápsula Clipper.

Em outubro de 2005 a Rosaviacosmos (agência espacial russa) anunciou proposta de construção de uma nova nave espacial para substituir a cápsula Soyuz, Figura 1.29b. A nova cápsula chama-se Clipper, Figura 1.43, e permitirá o transporte de 6 tripulantes (“Russian Government Approves Space Plan”, 2005). Como no caso da nova cápsula americana, Figura 1.41h, a cápsula Clipper contempla a reutilização. No caso russo, prevê-se a reutilização da cápsula por 25 vezes. A cápsula Clipper também poderá ser utilizada em missões à Lua e a Marte. Para o seu lançamento seria utilizada uma versão modificada do foguete Soyuz, Figura 1.29a, denominado Onega. A Agência Espacial Européia (ESA) está considerando a possibilidade de participar desse projeto junto aos russos (“Russian Clipper Ship Draws European Interest”, 2005). Os custos desse projeto não foram revelados, mas há dúvidas quanto à sua exeqüibilidade em função de limitações orçamentárias. Vale citar que o PIB americano é de dez trilhões dólares, o russo é 33 vezes menor, ou seja, 310 bilhões de dólares. Tais valores referem-se ao ano de 2001, tendo sido obtidos em “Mundo em Dados”, 2003.

No momento em que este artigo é escrito esta é a informação disponível. À medida que os projetos forem se desenvolvendo, novas informações serão divulgadas tanto pela NASA (www.nasa.gov) quanto pela Rosaviacosmos (www.roscosmos.ru).



CONCLUSÕES

Em 1961, quando o presidente Kennedy afirmou que os americanos colocariam o homem na Lua até o final daquela década, os EUA não possuíam foguetes sequer para colocar o homem em órbita da Terra. Em oito anos, eles chegaram à Lua e bateram os russos na Corrida Espacial. Quase meio século depois, os americanos anunciam o retorno à Lua. Prometem repetir a façanha em treze anos. Por si só, este fato é revelador do quão extraordinário foi o esforço dos americanos na década de 1960 para baterem os russos na Corrida Espacial. Não fosse pela Guerra Fria, o homem ainda não teria colocado os pés na superfície lunar.

Ao anunciar o retorno à Lua o presidente Bush fez questão de ressaltar que não se trata de uma nova corrida espacial, mas sim, de uma jornada para a qual estão convidadas todas as nações interessadas no bem comum. Ou seja, os americanos estão à procura de sócios para esta bilionária empreitada. Curiosamente, no momento em que surge mais uma oportunidade de cooperação internacional no espaço, surge um fato novo na ordem mundial. Trata-se da China que muito recentemente adquiriu a capacidade de colocar homens em órbita da Terra. Ao contrário da Rússia, que tem uma economia em dificuldades, a China possui uma economia em expansão, com possibilidades de que este país asiático se torne a nova superpotência do planeta. Não custa lembrar que para ajudar na manutenção do seu programa espacial os russos têm vendido viagens espaciais à ISS, a bordo das espaçonaves Soyuz. Para usufruir dessa viagem, o interessado pagará 20 milhões de dólares. Três milionários já o fizeram, existindo outros na fila. É o Turismo Espacial, algo inimaginável há alguns anos.

Como o seu título indica, este trabalho objetivou oferecer um contexto histórico da corrida espacial. Por isso, não houve a preocupação de indicar os benefícios que esta corrida frenética trouxe para a humanidade. Esta tarefa ficará a cargo de um outro artigo, ora em fase de elaboração, intitulado “Os Benefícios da Corrida Espacial para a Humanidade”. A Guerra Fria que

levou à construção de um arsenal de milhares de armas nucleares capazes de destruir o planeta Terra algumas centenas de vezes, também levou à Corrida Espacial, a partir da qual foram criados os meios necessários para melhorar a qualidade de vida na Terra e para permitir que o ser humano melhor conhecesse a sua origem e a do Universo em que vive.

O mundo em que vivemos seria completamente diferente não fossem pelos engenhos espaciais. Os Satélites de Comunicação (situados a 36.000 km da superfície terrestre) permitem que fatos ocorridos em um determinado local sejam transmitidos simultaneamente para todo o globo. Os Satélites Meteorológicos salvam milhares de vidas ao anteverem a ocorrência de catástrofes naturais. Os Satélites de Posicionamento Global (GPS), além de auxiliar na navegação terrestre, aérea e marítima, permitem a busca de desaparecidos em acidentes, bem como a localização de pessoas e objetos. Os Satélites de Observação da Terra permitem acompanhar o insano desmatamento da Amazônia, trazendo o assunto à discussão no seio de toda a sociedade. Os Satélites Astronômicos, como o Telescópio Espacial Hubble, permitem a observação do espaço sideral sem a interferência da atmosfera terrestre. Sondas como a Voyager se encontram a 14 bilhões de quilômetros da Terra, além do Sistema Solar. A Deep Space 1 colidiu, intencionalmente, com um cometa, com o objetivo de conhecer sobre a sua constituição interna.

Os engenhos mencionados no parágrafo precedente foram colocados no espaço por meio de Mísseis Balísticos Intercontinentais (ICBM) transformados em foguetes. Paradoxalmente, as máquinas desenvolvidas para o transporte de artefatos que causariam a destruição da vida na Terra, hoje são utilizadas para transportar espaçonaves que, não somente ajudam a salvar vidas na Terra, mas procuram vida fora dela.



A Conquista da Lua: De Galileu até Hoje, 1969, Edições Veja, Uma publicação da revista Veja, Editora Abril.

Almanaque Abril 2002, Editora Abril, São Paulo, 1 CD-ROM.

Beevor, A., 2002, "Stalingrado O Cerco Fatal," Editora Record, São Paulo, Brasil, 560 p.

Collins, M, 1994, "Flying to the Moon," A Sunburst Book, 162 p.

Cornwell, 2003, "Cientistas de Hitler, Guerra e o Pacto com o Demônio," Image, 472 p.

Enciclopédia do Espaço e do Universo, 1997, Editora Globo, São Paulo, CD-ROM.

Farmer, G. e Hamblin, D. J., 1970, "First on the Moon", Michael Joseph, London, England, 434 p.

Keegan, J., 2003, "História Ilustrada da Primeira Guerra Mundial," Ediouro, 493 p.

Kranz, G., 2001, "Failure is Not an Option", Berkeley Books, New York, 415 p.

Medawar, J. e Pyke, D., 2003, "O Presente de Hitler", Editora Record, São Paulo, Brasil, 303 p.

Mundo em Dados, 2003, "Indicadores Econômicos e Sociais de 160 Países," EXAME – Almanaque Abril.

Reed, J., 2002, "10 Dias que Abalaram o Mundo," L&PM Pocket, Porto Alegre, 376 p.

Reference Guide to the International Space Station, 2006, National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC, 96 p.

Sagan, C., 1996, "Pálido Ponto Azul: O Futuro do Homem no Espaço," Companhia das Letras, São Paulo, SP, 480 p.

Santos-Dumont, A., 1918, "O Que Eu Vi. O Que Nós Veremos," Editora Hedra Ltda, São Paulo, 147 p.

Souza, P. N., 2003, "A Estação Espacial Internacional," IV Escola do Espaço, 3 a 11 de novembro de 2003, São José dos Campos, SP, CD-ROM.

Yenne, B., 2003, "100 Invenções que Mudaram a História do Mundo," Ediouro, Rio de Janeiro, Brasil, 220 p.

_____. "Tratado sobre Princípios Reguladores das Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Cósmico, Inclusive a Lua e Demais Corpos Celestes." Disponível em: <samba.aeb.gov.br/area/PDF/tratadoespaco.pdf>. Acesso em: 01 de novembro de 2005.

_____. "Russian Governement Approves Space Plan". Disponível em: <http://www.space.com/news/ap_051016_russia_spaceplan.html>. Acesso em: 27 de outubro de 2005.

_____. "Russian Clipper Ship Draws European Interest". Disponível em: <http://www.space.com/news/050824_clipper.html>. Acesso em: 27 de outubro de 2005.

_____. "Berlin Wall". Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Berlin_wall>. Acesso em: 18 de outubro de 2005.

_____. "Conrad Schumann". Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Conrad_Schumann>. Acesso em: 18 de outubro de 2005.

_____. "Revised NASA Shuttle Plan Includes Most Station Hardware". Disponível em: <http://www.space.com/spacenews/businessmonday_051010.html>. Acesso em: 17 de outubro de 2005.

_____. "NASA". Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/NASA>>. Acesso em: 13 de outubro de 2005.

_____. "FAQ: Bush's New Space Vision". Disponível em: <http://www.space.com/news/bush_plan_faq_040115.html>. Acesso em: 19 de setembro de 2005.

_____. "The Partnership: A History of the Apollo-Soyuz Test Project". Disponível em: <<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/SP-4209/prolog.htm>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2005.

_____. "NASA". Disponível em <http://www.nasa.gov/mission_pages/station/structure/iss_manifest.html>. Acesso em: 02 de novembro de 2006.

Seção O Astronauta Brasileiro

_____. "Astronauta Vira Estrela com Lula e Putin". Disponível em: <<http://www.marcospontes.net/entrevistas/>>. Acesso em: 21 de outubro de 2005.

_____. "Onde Nenhum Brasileiro Jamais Esteve". Disponível em: <<http://www.marcospontes.net/entrevistas/>>. Acesso em: 21 de outubro de 2005.

_____. "Russia Agrees to Launch Brazil's First Astronaut to ISS". Disponível em: <http://www.space.com/missionlaunches/051018_pontes_brazil_iss.html>. Acesso em: 19 de outubro de 2005.

_____. "Primeira Missão Brasileira à Estação Espacial Internacional". Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br>>. Acesso em: 08 de outubro de 2005.

Seção Tem Cara Nova no Espaço

_____. "Chinese Space Program". Disponível em: <<http://www.astronautix.com/articles/china.htm>>. Acesso em: 28 de outubro de 2005.

_____. "Chinese Public Lauds Success of Shenzhou 6". Disponível em: <http://www.space.com/missionlaunches/ap_051017_shenzhou6_reaction.html>. Acesso em: 17 de outubro de 2005.

_____. "Special Report: Emerging China, Engaging China". Disponível em: <http://www.space.com/adastra/china_special_report.html>. Acesso em: 13 de outubro de 2005.

_____. "China's Future in Space: Implications for U.S. Security". Disponível em: <http://www.space.com/adastra/china_implications_0505.html>. Acesso em: 13 de outubro de 2005.

_____. "Europe and China". Disponível em: <http://www.space.com/adastra/china_europe_0505.html>. Acesso em: 13 de outubro de 2005.

_____. "The Rules of Engagement: The Russian Model". Disponível em: <http://www.space.com/adastra/china_russia-model_0505.html>. Acesso em: 13 de outubro de 2005.

_____. "Engage China, Engage the World". Disponível em: <http://www.space.com/adastra/china_engagement_0505.html>. Acesso em: 13 de outubro de 2005.

_____. "Shenzhou 6 Away! China Launches Two Astronauts in Second Manned Spaceflight". Disponível em: <http://www.space.com/missionlaunches/051011_china_shenzhou6.lnch.html>. Acesso em: 11 de outubro de 2005.

_____. "China Prepares for Second Manned Spaceflight". Disponível em: <http://www.space.com/missionlaunches/051010_china_shenzhou6.update.html>. Acesso em: 10 de outubro de 2005.

Seção O Estágio Atual e as Perspectivas

_____. "How We'll Get Back to the Moon". Disponível em: <<http://www.nasa.gov/missions/solarsystem/cev.html>>. Acesso em: 17 de outubro de 2005.

_____. "What is the Crew Exploration Vehicle (CEV)?". Disponível em: <http://www.nasa.gov/missions/solarsystem/cev_faq.html>. Acesso em: 17 de outubro de 2005.

_____. "Presidential Leadership". Disponível em: <http://www.space.com/spaceneWS/archive03/editarch_120203.html>. Acesso em: 17 de outubro de 2005.

_____. "Northrop Grumman/Boeing Team Unveils CEV Design". Disponível em: <http://www.space.com/spaceneWS/businessmonday_051017.html>. Acesso em: 17 de outubro de 2005.

_____. "Going Back to the Moon". Disponível em: <<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3595059.stm>>. Acesso em: 17 de outubro de 2005.

_____. "NASA's Lunar Vision: The Devil's in the Details". Disponível em: <http://www.space.com/businessstechnology/technology/051005_nasa_details.html>. Acesso em: 05 de outubro de 2005.

_____. "NASA's New Moon Plans: 'Apollo on Steroids'". Disponível em: <http://www.space.com/news/050919_nasa_moon.html>. Acesso em: 20 de setembro de 2005.

_____. "NASA to Unveil Plans to Send 4 Astronauts to Moon in 2018". Disponível em: <http://www.space.com/news/050914_nasa_cev_update.html>. Acesso em: 19 de setembro de 2005.



APÊNDICE: CARTA DE EINSTEIN A ROOSEVELT

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Nassau Point
Peconic ,Long Island

2 de agosto de 1939

F. D. Roosevelt
Presidente dos Estados Unidos
Casa Branca
Washington, DC

Senhor:

Alguns trabalhos recentes de E. Fermi e L. Szilard, que me foram comunicados por escrito, levam-me a presumir que o elemento urânio pode ser transformado em nova e importante fonte de energia no futuro imediato. Certos aspectos da situação que surgiu parecem exigir vigilância e, se necessário, rápida ação por parte do governo. Creio portanto que é meu dever levar à sua atenção os seguintes fatos e recomendações:

No decurso dos últimos quatro meses constatou-se a possibilidade – através do trabalho de Joliot na França assim como no de Fermi e Szilard na América – de que pode tornar-se possível montar uma reação nuclear em cadeia numa grande massa de urânio, pela qual enormes quantidades de energia e grandes quantidades de novos elementos típicos do rádio seriam geradas. Agora parece quase certo que isso pode ser conseguido no futuro imediato.

Este novo fenômeno levaria também à construção de bombas e é concebível – embora muito menos certo – que bombas extremamente poderosas de um novo tipo possam assim ser construídas. Uma única bomba deste tipo,

transportada de barco e detonada num porto, poderia muito bem destruir o porto inteiro, juntamente com parte do território adjacente. No entanto essas bombas poderiam se mostrar pesadas demais para transporte aéreo.

Os Estados Unidos têm minérios muito pobres de urânio, em quantidades módicas. Há certa quantidade de minério bom no Canadá e na antiga Tchecoslováquia, enquanto a mais importante fonte de urânio é o Congo Belga.

Em vista desta situação, o senhor pode achar desejável manter algum contato permanente entre o Governo e o grupo de físicos que trabalham em reações em cadeia na América. Um meio possível de realizar isso poderia ser o senhor confiar tal tarefa a uma pessoa de sua confiança e que possa talvez trabalhar em qualidade extra-oficial [sic]. Sua tarefa poderia abranger o seguinte:

- a) abordar os Departamentos do Governo, mantê-los informados da evolução adicional e propor recomendações para ação governamental, dando particular atenção ao problema de assegurar um abastecimento de minério de urânio para os Estados Unidos.
- b) acelerar o trabalho experimental, que é presentemente realizado dentro dos limites dos orçamentos dos laboratórios das universidades, providenciando financiamentos, se estes forem necessários, através de contatos com particulares que estejam dispostos a fazer contribuições para esta causa, e talvez também obtendo a cooperação de laboratórios industriais que tenham o equipamento necessário.

Sei que a Alemanha realmente parou a venda de urânio das minas da Tchecoslováquia que ela ocupou. Que tenha adotado esta ação antecipada poderia talvez ser entendido pelo motivo de que o filho do sub-secretário de Estado alemão, von Weizsäcker, é ligado ao Instituto Kaiser Guilherme em Berlim, onde alguns dos trabalhos americanos sobre urânio agora estão sendo repetidos.

Atenciosamente,

A. Einstein

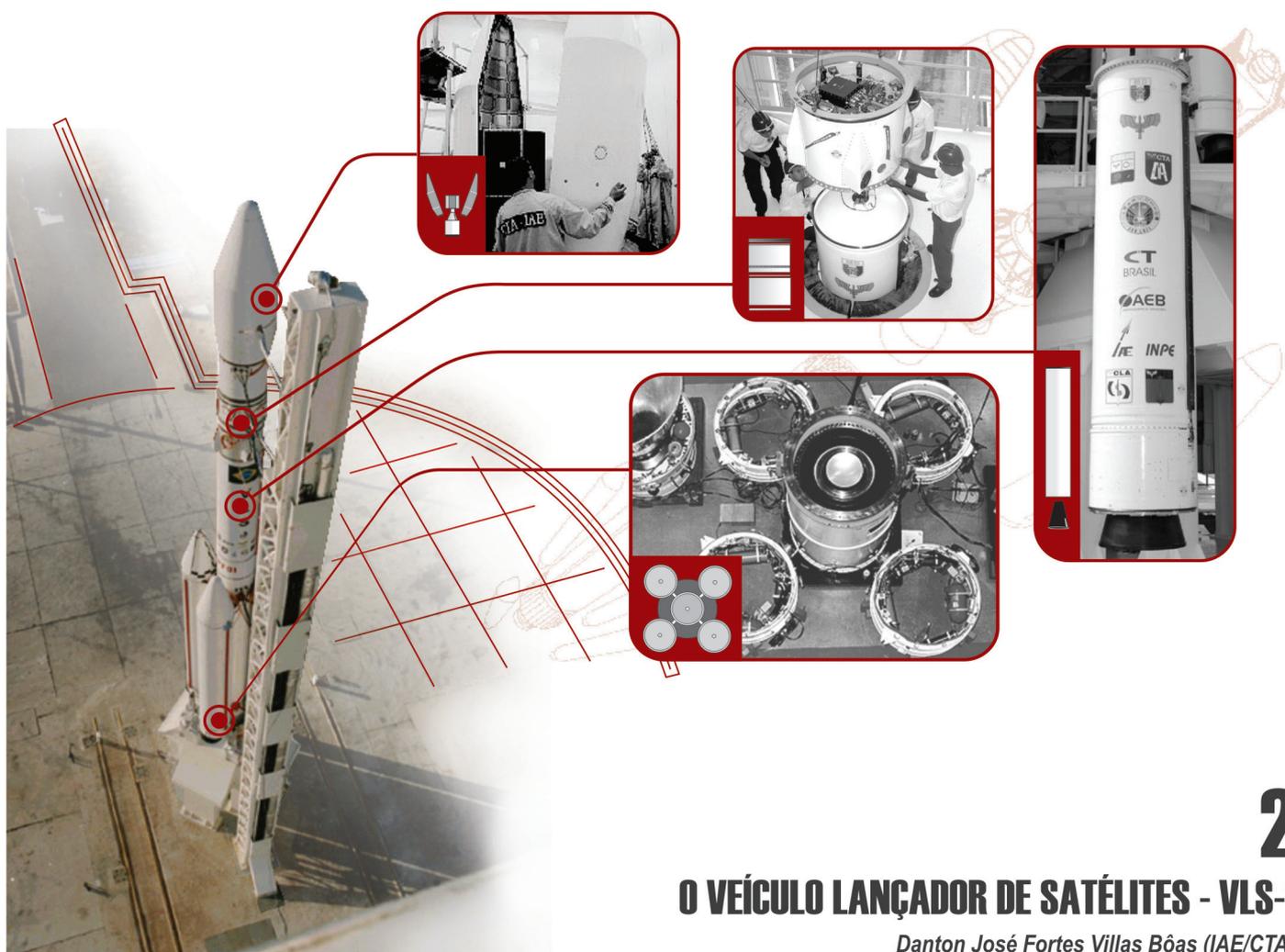
AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA



FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES

CURSO ASTRONÁUTICA
E CIÊNCIAS DO ESPAÇO

VEÍCULOS ESPACIAIS



2

O VEÍCULO LANÇADOR DE SATÉLITES - VLS-1

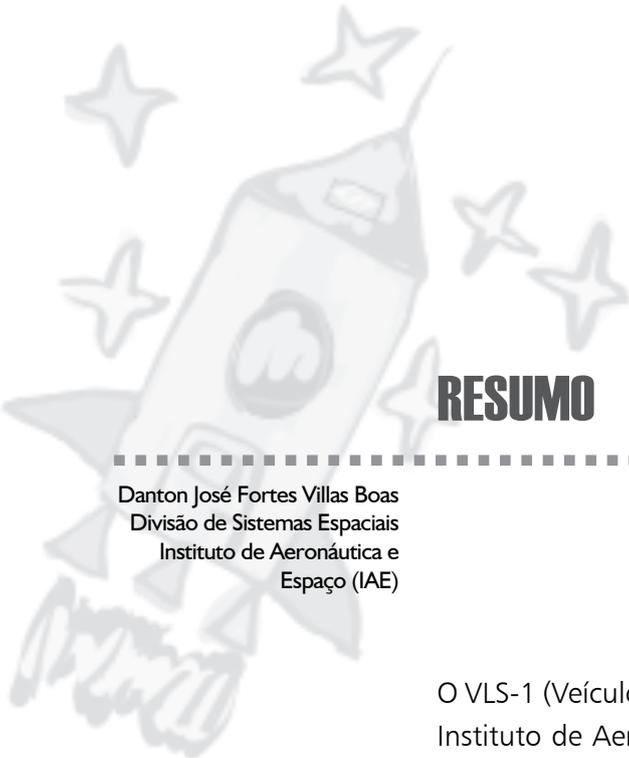
Danton José Fortes Villas Bôas (IAE/CTA)



Ministério da
Educação

Ministério da
Ciência e Tecnologia





RESUMO

Danton José Fortes Villas Boas
Divisão de Sistemas Espaciais
Instituto de Aeronáutica e
Espaço (IAE)

O VLS-1 (Veículo Lançador de Satélites) está em fase de desenvolvimento no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA). O CTA foi criado na década de 50, em São José dos Campos-SP, e é uma organização do Comando da Aeronáutica que tem por finalidade a realização das atividades técnico-científicas relacionadas com o ensino, a pesquisa e o desenvolvimento aeroespaciais. Além do IAE outros três institutos fazem parte do CTA em São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Instituto de Estudos Avançados (IEAv) e Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI).

O VLS-1 é constituído por quatro estágios compostos de motores a propélate sólido. O primeiro estágio é composto por quatro motores em configuração *strap-on*. Eles são fixados lateralmente em relação ao corpo central composto pelos segundo, terceiro e quarto estágios e pela carga útil. Após o voo do primeiro estágio seus propulsores são ejetados e o voo continua com o acionamento sucessivo dos propulsores do segundo, terceiro e quarto estágios, com as respectivas separações desses estágios, logo que o propélate seja consumido. A seguir veremos a história dos foguetes e conceitos de física e propulsão aplicados aos foguetes e lançadores de satélites.

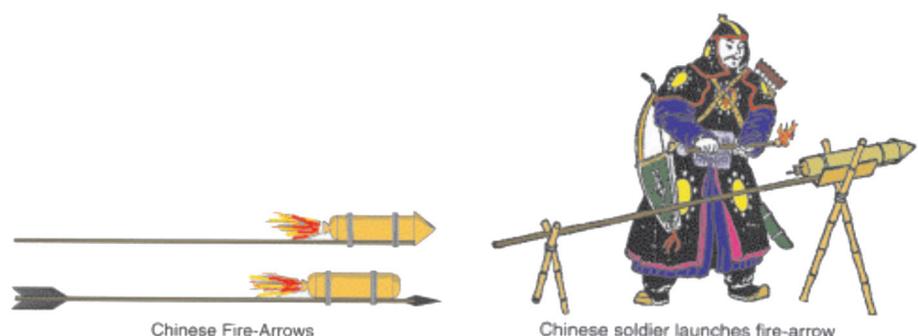
A HISTÓRIA DOS FOGUETES

Danton José Fortes Villas Boas
Divisão de Sistemas Espaciais
Instituto de Aeronáutica e
Espaço (IAE)

Os primeiros foguetes foram construídos há cerca de mil anos na China. Eram muito semelhantes aos fogos de artifício atualmente usados em comemorações e festas. Tinham aplicações militares, e eram chamadas de flechas de fogo (Figura 2.1). O projeto básico desses foguetes só foi alterado no século XIX, quando surgiram os foguetes militares do tipo Congreve (Figura 2.3).

Em 1903 o cientista russo Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935) apresentou a tese de que foguetes com propelentes líquidos poderiam chegar ao espaço. O primeiro lançamento moderno de foguetes foi realizado pelo americano Robert Goddard, em 1926, (Figura 2.2). Já na década de 30 os militares alemães desenvolveram os foguetes V-2, que serviam para bombardear Londres a partir da Alemanha. Esses foguetes tinham a designação de A-4 na Alemanha (Figura 2.4).

Figura 2.1. Flechas de fogo dos chineses.



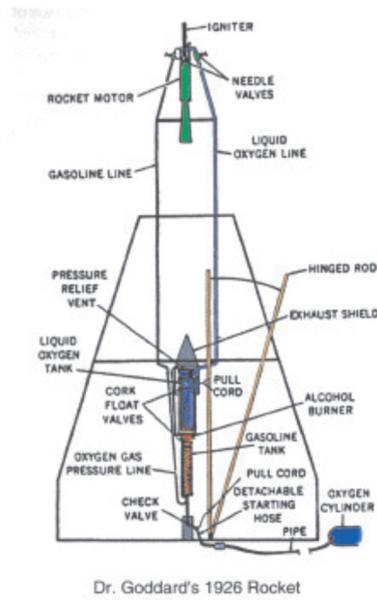
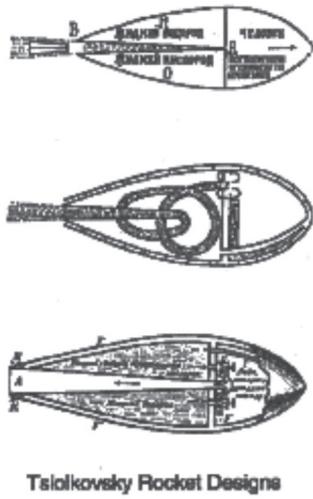


Figura 2.2. Foguetes de Tsiolkovsky e Goddard.

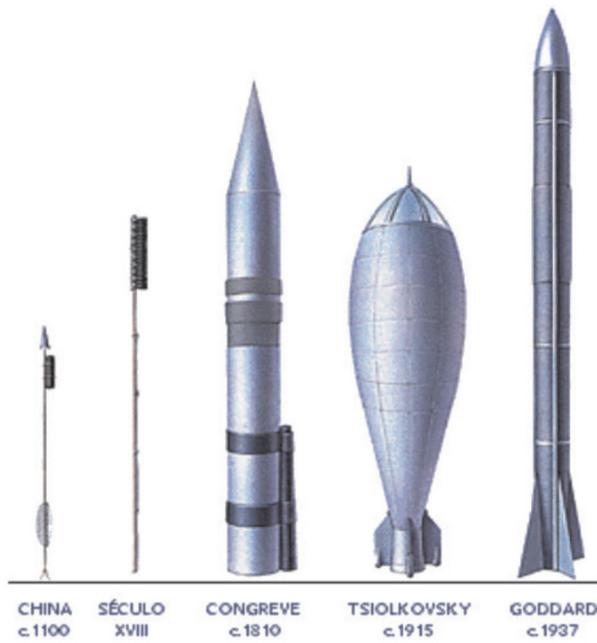


Figura 2.3. Foguetes em vários períodos da História (fora de escala).

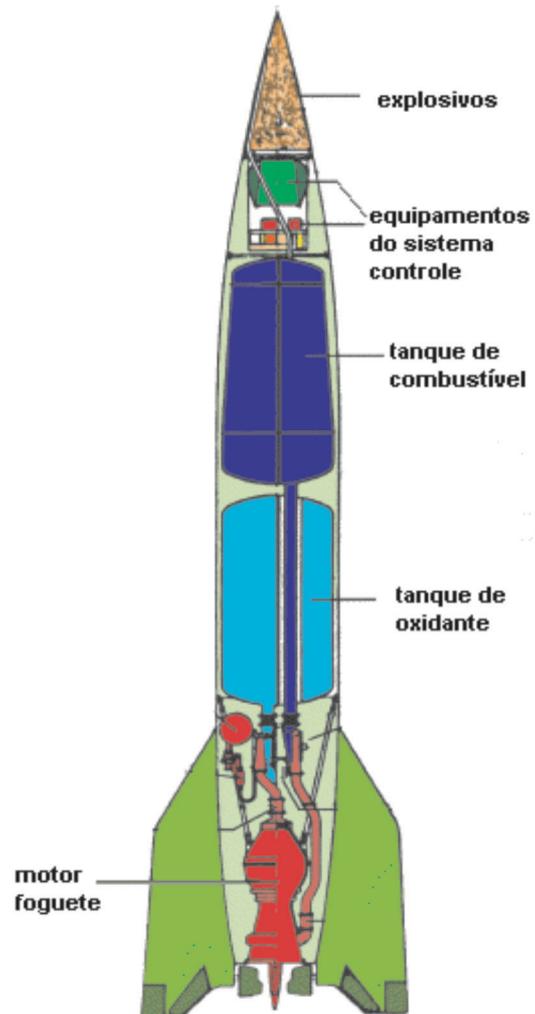
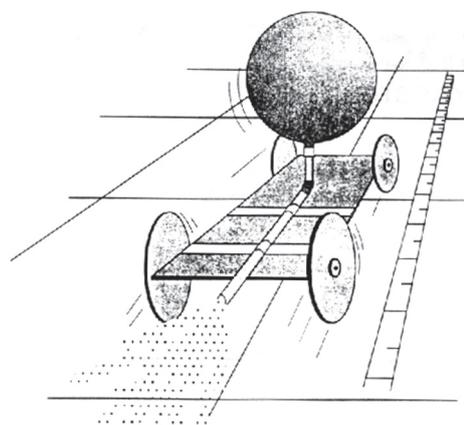


Figura 2.4. Foguete alemão V-2 (A-4).

A TEORIA DOS FOGUETES

Danton José Fortes Villas Boas
José Bezerra Pessoa Filho
Divisão de Sistemas Espaciais
Instituto de Aeronáutica e
Espaço (IAE)

O princípio de funcionamento dos foguetes é o mesmo observado ao se brincar com uma bexiga cheia de ar. Se o bico da bexiga é mantido fechado, há a situação de equilíbrio e nenhum movimento da bexiga é observado. Trata-se da situação ilustrada esquematicamente pela Figura 2.6a. No entanto, ao se permitir a passagem de ar através do bico da bexiga, esta se move no sentido contrário ao de escape do ar, situação esta ilustrada na Figura 2.6b. Ao escape dos gases através do bico denomina-se “ação”, enquanto o movimento da bexiga corresponde à “reação.” Na prática, como o bico da bexiga não é fixo,



Crédito: Nasa

o seu movimento se dá de uma maneira aleatória, isto é, em zigue-zague. Em que pese simples, este é o princípio de funcionamento dos foguetes e dos motores a jato dos aviões. É também o princípio de funcionamento do carro-foguete de corrida descrito na atividade “Construindo um Carro-Foguete”.

Figura 2.5. O Carro Foguete.

Em um foguete a bexiga é substituída por uma cavidade, geralmente de forma cilíndrica, enquanto o bico é substituído por um dispositivo denominado tubeira, como ilustrado na Figura 2.7. Nos foguetes os gases de escape são gerados pela queima do combustível. Na engenharia de foguetes o combustível e o oxidante são denominados propelentes e o processo de combustão é comumente referido como queima. Há combustíveis sólidos, como a pólvora, e líquidos, como o querosene.

Tendo inventado a pólvora no século XI, coube aos chineses a invenção dos foguetes a propelente sólido. Ainda que a teoria fosse desconhecida, os resultados impressionavam e não tardou para que os próprios chineses

fizessem, no século XIII, uso bélico da sua invenção. Passaram-se quatro séculos até que o inglês Isaac Newton formalizasse a teoria que explicaria o princípio de funcionamento dos foguetes, qual seja o da ação e reação, conhecido como a “Terceira Lei de Newton”.

A força de ação que impulsiona o foguete é chamada empuxo. A intensidade dessa força depende, dentre outros fatores, da quantidade e da velocidade de escape dos gases através da tubeira. Ao escaparem, os gases geram uma força de empuxo (“ação”) que desloca o foguete em sentido contrário (“reação”).

Para facilitar a comparação com as bexigas, os foguetes da Figura 2.6 foram representados horizontalmente. Na prática, os foguetes são posicionados na vertical. Tal fato traz conseqüências importantes. A principal delas diz respeito à ação da força da gravidade que atua no sentido de manter o foguete no solo. Para ilustrar, considere o foguete VLS-1 com um peso de 50 toneladas. Para tirá-lo do solo, é necessário um empuxo (força) superior a 50 toneladas. Enquanto a força de empuxo gerada pela queima dos quatro motores do 1º estágio do VLS (veja Veículo Lançador de Satélites) for inferior à força-peso, o VLS-1 não se moverá um único milímetro na direção vertical. No entanto, ao atingir o regime de operação nominal os quatro propulsores do VLS-1 geram um empuxo de 100 toneladas. Considerando-se que a força de empuxo seja constante e que a massa do VLS-1 diminua à razão de meia tonelada por segundo (em função da queima do propelente), o VLS-1 é continuamente acelerado na direção vertical. Foi também Isaac Newton que formalizou este conceito por meio da “Segunda Lei de Newton”.

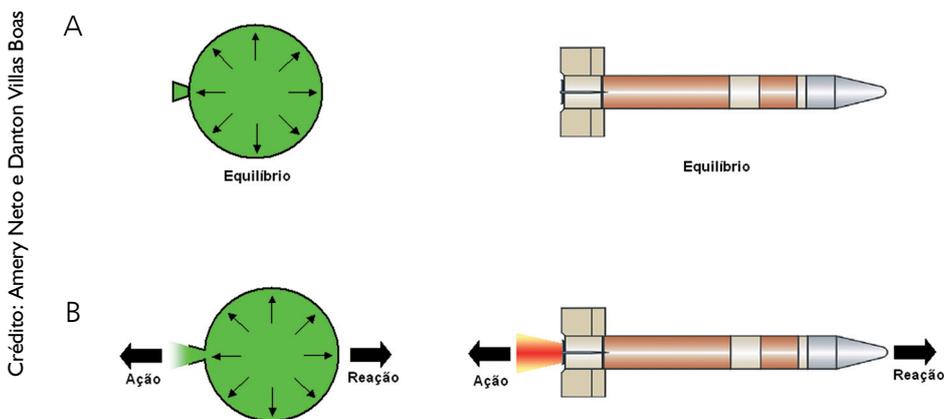


Figura 2.6. Bexiga de aniversário e foguete.

Propulsão Sólida

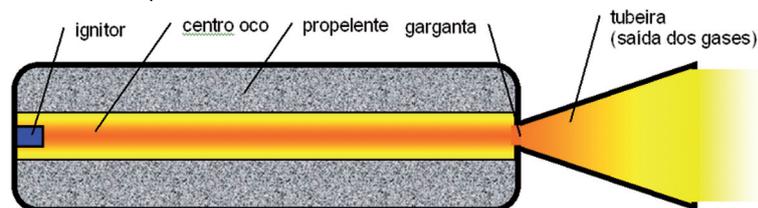
O propelente sólido consiste de uma mistura de alumínio em pó (16% em massa), perclorato de amônia (NH_4ClO_4 , 70% em massa), polibutadieno hidroxilado (12% em massa) e agentes de cura (2% em massa). O alumínio age como combustível, enquanto o perclorato de amônia age como oxidante. O combustível e o oxidante, na forma de uma mistura pastosa, são inseridos no envelope-motor, que funciona como molde. Após a cura, o propelente tem

consistência semelhante a uma borracha dura. Posteriormente, são instalados o ignitor e a tubeira, obtendo-se o motor-foguete. Sob condições de pressão e temperatura ambiente, não há combustão. A combustão se inicia quando o propelente é exposto a uma fonte externa de calor, a qual provém do ignitor, instalado normalmente em uma das extremidades do motor, conforme mostrado na Figura 2.7. Por voarem no vácuo do espaço, os motores-foguete carregam consigo o oxidante necessário à combustão. No caso dos motores-foguete a propelente sólido, o oxigênio necessário à queima do combustível provém do perclorato de amônia, misturado ao propelente.

Dada a ignição, inicia-se a queima do combustível no interior da câmara de combustão fazendo com que gases a alta pressão e temperatura sejam gerados. Vale destacar a existência de uma região ôca no interior do propulsor, ilustrada na Figura 2.7. Dessa forma, o propelente é queimado de dentro para fora, ao longo de todo o seu comprimento.

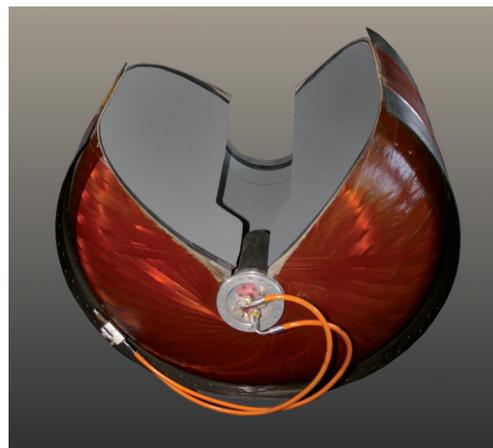
Os motores-foguete que utilizam propelente sólido são de construção e operação mais simples do que aqueles que fazem uso de propelentes líquidos. Podem também ser armazenados por vários anos. Em contrapartida, são menos eficientes que os líquidos e, uma vez iniciada a combustão, não há como interrompê-la.

Figura 2.7. Vista em corte longitudinal de um propulsor sólido.



Crédito: Danton Villas Boas

Figura 2.8. Vista em corte do motor-foguete S44 (sem tubeira).



Crédito: Danton Villas Boas

Os motores-foguete a propelente sólido podem variar enormemente em termos de dimensões e aplicações.

Propulsão Líquida

Em um propulsor líquido, Figura 2.9, o combustível e o oxidante são armazenados em tanques separados. Quando injetados na câmara de combustão, ocorre ignição, combustão e geração de gases. Querosene e hidrogênio são largamente utilizados como combustíveis de foguetes, enquanto o oxigênio

é o oxidante mais comum. Como necessitam de grandes quantidades de combustível e oxidante, os foguetes devem transportá-los na fase líquida. Quanto ao querosene, não há maiores problemas uma vez que ele apresenta-se na fase líquida sob as condições de pressão e temperatura ambiente. No entanto, para que existam na fase líquida, tanto o hidrogênio quanto o oxigênio precisam estar numa temperatura de 250 graus Celsius negativos! É por isso que, quando do lançamento de foguetes como o Soyuz e o Saturn V, observa-se o desprendimento de placas da sua superfície externa. Tratam-se de placas de gelo formadas pela solidificação do vapor d'água existente no ar atmosférico. Em decorrência das dificuldades em operar com temperaturas tão baixas (criogênicas), os tanques contendo hidrogênio e oxigênio líquidos são carregados somente algumas horas antes do lançamento.

O foguete americano Saturn V, que levou o homem à Lua, fazia uso do par propelente oxigênio-querosene no primeiro estágio e oxigênio-hidrogênio no segundo e terceiro estágios. Já o foguete russo Soyuz, que levou o astronauta brasileiro à ISS, e é muito parecido com o foguete que colocou o Sputnik em órbita da Terra, faz uso do par oxigênio-querosene.

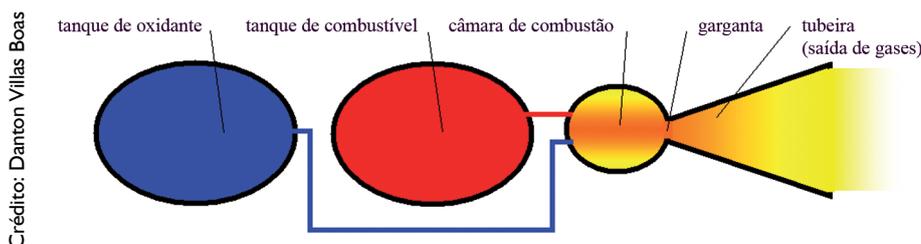


Figura 2.9. Propulsor líquido.

Além do problema do armazenamento a temperaturas criogênicas, o uso do oxigênio e do hidrogênio líquidos requer um sistema de ignição. Em algumas aplicações estes podem ser fatores limitantes. Imagine, por exemplo, o caso do módulo lunar no qual o combustível precisaria ficar armazenado por vários dias e que uma falha do propulsor deixaria os astronautas na superfície lunar entregues à própria sorte. Neste caso, os projetistas fizeram uso de propelentes hipergólicos, que entram em combustão pelo simples contato entre o combustível e o oxidante.

Há foguetes movidos inteiramente a propelentes hipergólicos. É o caso, por exemplo, dos veículos lançadores ucranianos Cyclone 4.

Propulsão híbrida

Existe um ramo da engenharia de foguetes que estuda o uso, em um mesmo motor-foguete, de propelente sólido e propelente líquido. Trata-se da propulsão híbrida. Como exemplo, pode-se citar o motor-foguete produzido para o SpaceShipOne, veículo espacial que, em 4 de outubro de 2004, ganhou o Prêmio X por ter se tornado a primeira espaçonave tripulada construída por uma empresa privada a alcançar, por duas vezes, num período de 14 dias, a

altitude de 100 km. Neste caso, o propulsor tem uma geometria similar àquela mostrada na Figura 2.6, mas o bloco de propelente contém apenas o combustível, conhecido pela sigla HTPB. O oxidante líquido (óxido nitroso, N_2O) é armazenado em um tanque separado e injetado na câmara de combustão.

Propulsão Sólida × Propulsão Líquida

Apesar de mais eficientes, isto é, produzirem mais empuxo para uma mesma massa, a tecnologia necessária à fabricação de motores-foguete a propelente líquido é mais complexa que aquela dos propulsores sólidos. Para bombear o combustível e o oxidante para a câmara de combustão são necessárias potentes bombas, cuja potência provém de turbinas. Para que tais propulsores sejam confiáveis são necessários recursos humanos, financeiros e de infra-estrutura de grande monta.

Uma das vantagens da propulsão líquida está relacionada à possibilidade de iniciar e interromper a combustão várias vezes. Para tanto, basta cessar o ingresso de combustível na câmara de combustão. Essa característica melhora sobremaneira a precisão de inserção em órbita de satélites.

É importante frisar que o uso de propulsores sólidos e líquidos em um mesmo foguete é bastante comum. O ônibus espacial americano é o exemplo mais conhecido. Quando da decolagem são utilizados, como propulsão auxiliar, dois enormes motores-foguete a propelente sólido com 485 toneladas de propelente cada, que funcionam por dois minutos. Como propulsão principal são utilizados três motores-foguete que, em oito minutos, consomem 550.000 litros de oxigênio e 1.500.000 litros de hidrogênio. Os motores líquidos são acionados simultaneamente aos sólidos. O ônibus espacial propriamente dito vai preso, pela barriga, aos tanques de oxigênio e hidrogênio.

O Brasil domina todo o ciclo de produção de motores-foguete a propelente sólido. Por isso, os foguetes de sondagem brasileiros, bem como todos os propulsores do VLS-1 fazem uso da propulsão sólida. Recentemente, o País deu início ao estudo e desenvolvimento da tecnologia da propulsão líquida.



RETROSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO DOS FOGUETES NO BRASIL

Danton José Fortes Villas Boas
Divisão de Sistemas Espaciais
Instituto de Aeronáutica e
Espaço (IAE)

O legado de Santos-Dumont

Em 1891, o brasileiro Alberto Santos-Dumont (1873-1932) mudou-se para a capital francesa, com o propósito de se tornar aeronauta (Santos-Dumont, 1918). Vários especialistas dão a Alberto Santos-Dumont o crédito de ter sido a primeira pessoa a realizar um vôo numa aeronave mais pesada do que o ar, por meios próprios, no vôo que foi assistido por centenas de pessoas em Paris. Era 23 de outubro de 1906 e o 14-Bis desafiava a Lei da Gravidade executando o famoso vôo. Assim, no Brasil ele é considerado o “Pai da Aviação”. O Instituto Tecnológico de Aeronáutica conferiu a Santos-Dumont o título de Doutor Honoris Causa em 1956, Figura 2.10.

No livro “O que eu vi, o que nós veremos”, escrito por Santos-Dumont em 1918 em um trecho vemos as seguintes palavras:



Figura 2.10. Título de Doutor em Engenharia Aeronáutica.

É tempo, talvez, de se instalar uma escola de verdade em um campo adequado. Não é difícil encontrá-lo no Brasil. Nós possuímos para isso excelentes regiões, planas e extensas, favorecidas por ótimas condições atmosféricas . . .

. . . os alunos precisam dormir próximo à escola, ainda que, para isso, seja necessário fazer instalações adequadas . . .

. . . margeando a linha da Central do Brasil, especialmente nas imediações de Mogi das Cruzes, avistam-se campos que me parecem bons . . .

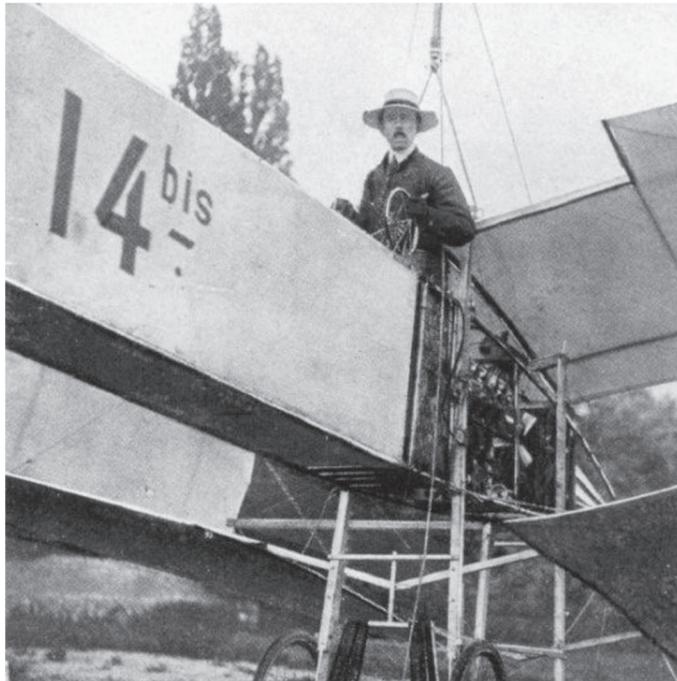


Figura 2.11. Santos-Dumont no cockpit do 14-Bis.

Com essas palavras Santos-Dumont sugeria em 1918 a criação de uma escola de aviação no Brasil, e citava uma região próxima a onde hoje se encontra o CTA e o ITA, que foram implantados em 1950 em São José dos Campos - SP.

A Missão Espacial Completa Brasileira (MECB)

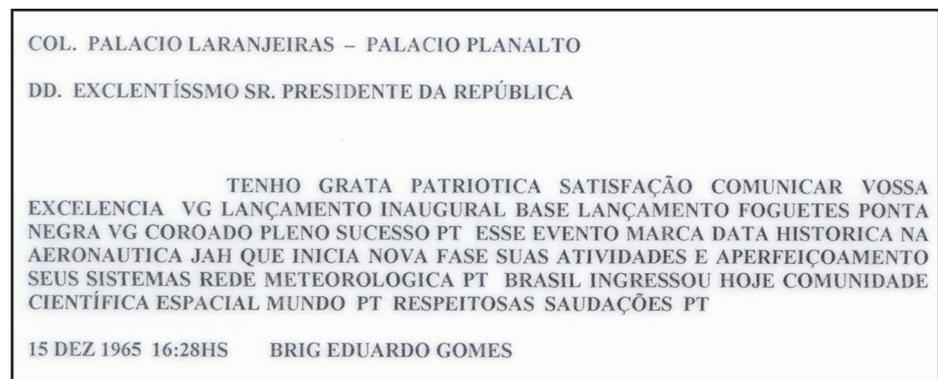
O programa espacial brasileiro, que deu origem à Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), teve início na década de 60 com a formação de duas equipes: o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais - COGNAE, diretamente subordinado ao então Conselho Nacional de Pesquisas - CNPq, atualmente Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, e o Grupo Executivo e de Trabalhos e Estudos de Projetos Especiais - GETEPE, pertencente ao então Ministério da Aeronáutica (MAer), hoje denominado Comando da Aeronáutica, após a implantação do Ministério da Defesa. Ambos foram instalados em São José dos Campos - SP, junto ao então Centro Técnico da Aeronáutica - CTA, hoje Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial.

O Ministério da Aeronáutica, desde 1961, vem dedicando sua atenção para a área espacial. As primeiras iniciativas foram para o desenvolvimento de pequenos foguetes com destinação a sondagens meteorológicas para a Força Aérea.

Em 1963 foi criado o grupo que mais tarde, em 1966, tornou-se o GETEPE - Grupo Executivo e de Trabalhos e Estudos de Projetos Especiais, vinculado ao Estado Maior da Aeronáutica (EMAER), concretizando, assim, a intenção do então Ministério da Aeronáutica de se dedicar às pesquisas espaciais. Os trabalhos iniciais desse grupo foram de planejamento de implantação, na época, do Centro de Lançamento de Foguetes da Barreira do Inferno (CLFBI), hoje denominado Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), sediado próximo à cidade de Natal, no Rio Grande do Norte.

Os técnicos do Ministério da Aeronáutica, além do treinamento no exterior, passaram a adquirir experiência por intermédio da montagem e lançamento de foguetes americanos e canadenses no CLBI e nos campos de lançamento americanos. No final de 1965, cerca de um ano após ter início a construção do CLBI, começaram suas atividades operacionais com o lançamento de um foguete americano Nike-Apache (Figura 2.12).

Figura 2.12. Telegrama do primeiro lançamento de foguete em Natal.



Em paralelo, as equipes nucleadas pelo GETEPE começaram a especificar e projetar foguetes, destinando à indústria nacional a sua fabricação, dando-lhe a assessoria técnica possível. Assim, em 1967, era lançado, do CLBI, o primeiro protótipo do foguete Sonda I, bi-estágio, com a finalidade de substituir os foguetes americanos de sondagens meteorológicas.

Em 17 de outubro de 1969 era criado o então chamado Instituto de Atividades Espaciais - IAE, vinculado ao CTA, originário do GETEPE e do Departamento de Assuntos Espaciais, pertencente ao Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento - IPD, do CTA. Seu núcleo só foi ativado em 20 de agosto de 1971, constituído do pessoal e instalações do GETEPE. A portaria de criação do IAE extinguiu o GETEPE e passava o CLBI à subordinação do Instituto de Atividades Espaciais. O IAE ficou responsável, dentro do então Ministério da Aeronáutica, pela condução de projetos de pesquisas e desenvolvimento no setor espacial.

Por outro lado, em 22 de abril de 1971, o COGNAE foi extinto e, em seu lugar, foi criado o INPE, ainda vinculado ao CNPq, e atualmente pertencente ao Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, encarregado do desenvolvimento das pesquisas espaciais no âmbito civil, de acordo com orientação recebida da Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE).

Em 1978, cerca de 17 anos após a formação no Brasil dos primeiros grupos destinados a implantar no País um programa espacial, a COBAE teve aprovada, pelo governo federal, a sua proposta de realização do estudo de viabilidade de uma Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Esse estudo foi apresentado e aprovado pela COBAE no 2º Seminário de Atividades Espaciais, realizado em 1979. No início de 1980, a Presidência da República dava a sua aprovação oficial para a realização da missão.

A proposta aprovada estabeleceu que a Missão Espacial Completa Brasileira era um programa integrado, visando o projeto, o desenvolvimento, a construção e a operação de satélites de fabricação nacional, a serem colocados em órbitas baixas por um foguete projetado e construído no País e lançado de uma base situada em território brasileiro. Assim a MECB previa a implementação dos três seguimentos: Lançadores, Satélites e Centro de Lançamento.

Em 1991, ocorreu a fusão entre o Instituto de Atividades Espaciais e o Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento, criando-se, no âmbito do CTA, o atual Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) - com a missão ampliada, pois passou a ter forte atuação tanto na área de espaço como na de aeronáutica.

Esses dois institutos, IAE e INPE, o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI) são os pilares da realização dos objetivos propostos para a Missão Espacial Completa Brasileira. Dentro desse programa, cabe ao IAE o desenvolvimento do Veículo Lançador de Satélites (VLS); ao INPE, o desenvolvimento dos satélites e as estações de solo correspondentes; ao CLA, o encargo de realizar as atividades referentes à operação de lançamento do VLS e, ao CLBI, operar como estação no acompanhamento do lançamento, com seus radares e meios de telemetria. O CLA encontra-se na cidade de Alcântara, no estado do Maranhão. A principal vantagem deste centro é a sua localização muito próxima à linha do Equador, que reduz o consumo de propelentes para inserção de satélites em orbital equatoriais e de baixa inclinação.

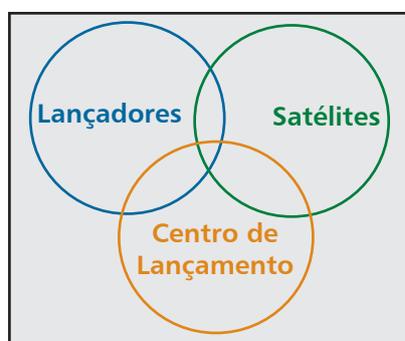
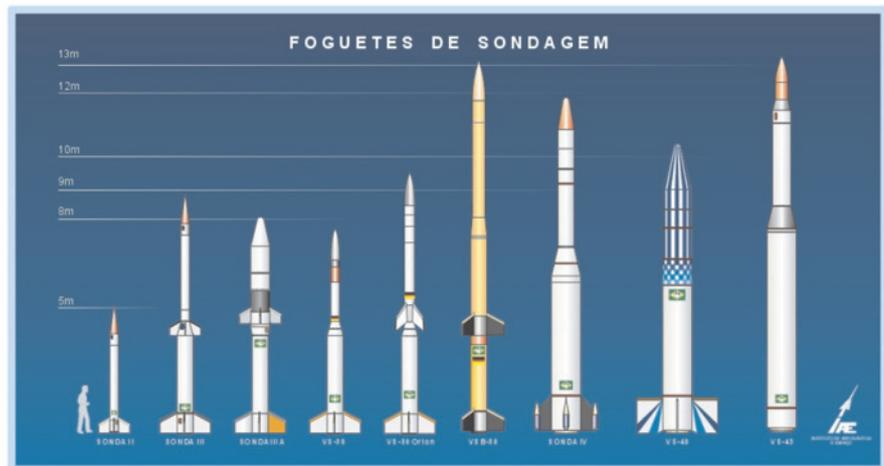


Figura 2.13. Seguimentos da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB).

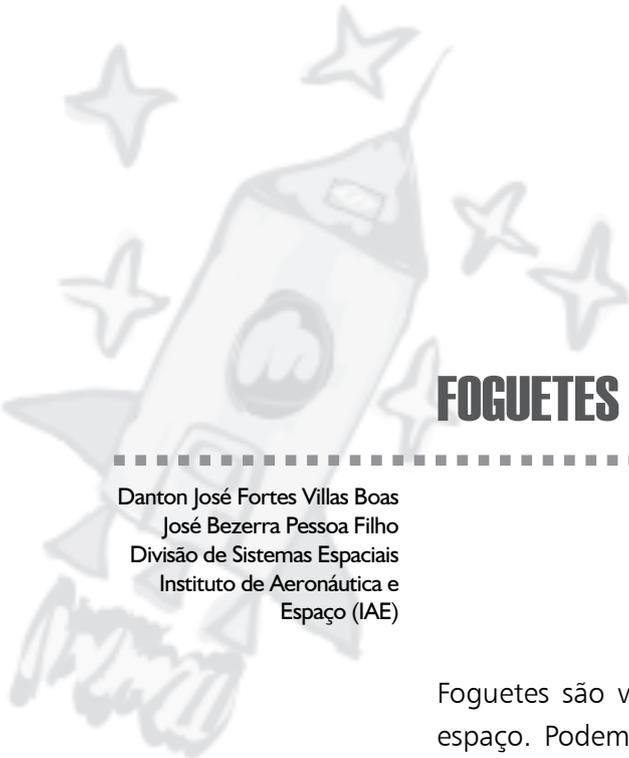
Dentro do programa de desenvolvimento de veículos espaciais diversos foguetes de sondagem e para vôos suborbitais foram projetados, qualificados e lançados

(Figura 2.14). Destacam-se a família de foguetes Sonda (II, III e IV) e os veículos para experimento de microgravidade da série VS (VS-30, VSB-30 e VS-40).

Figura 2.14. Foguetes de sondagem desenvolvidos no CTA-IAE.



Diversas tecnologias desenvolvidas para os foguetes da família Sonda tiveram aplicação no projeto do VLS-1. Podemos ressaltar os sistemas de separação de estágios, sistemas de controle de atitude e do vetor empuxo, matérias metálicas e compostos de alto desempenho, entre outros.



FOGUETES

Danton José Fortes Villas Boas
José Bezerra Pessoa Filho
Divisão de Sistemas Espaciais
Instituto de Aeronáutica e
Espaço (IAE)

Foguetes são veículos destinados ao transporte de cargas e pessoas ao espaço. Podem ser classificados quanto ao tipo (foguetes de sondagem e veículos lançadores de satélites), propelente (sólido, líquido, híbrido), número de estágios (mono, bi e multi-estágios) e aplicação (tripulado e não tripulado). A Figura 2.15 mostra a representação esquemática de um foguete mono-estágio, com os seus principais constituintes, quais sejam: coifa, carga-útil, sistema de recuperação (pára-quedas), motor-foguete, empenas e tubeira. A coifa serve para proteger a carga-útil que pode ser um satélite, um astronauta, ou experimentos de microgravidade. A sua forma visa diminuir o atrito do foguete com a atmosfera terrestre. Em algumas situações é de interesse recuperar a carga-útil. Nesses casos, é necessária a utilização de um sistema de recuperação do tipo pára-quedas para, quando do voo descendente do foguete, diminuir a velocidade de impacto com o solo ou com a água.

O motor-foguete, ou propulsor, é o principal componente do foguete. É ele que transporta a energia necessária ao movimento do foguete. Na maioria dos casos os foguetes fazem uso de energia química transportada na forma de combustíveis (propelentes) que podem ser sólidos ou líquidos. Os propelentes respondem por cerca de 80% da massa total de um foguete. Como resultado de sua combustão são gerados os gases que, expelidos em alta velocidade através da tubeira, causam o movimento do foguete.

As empenas são pequenas asas localizadas na base do foguete. Elas servem para conferir estabilidade durante o voo. Sem elas o foguete poderia voar de uma maneira instável girando e dando cambalhotas durante o voo. Tal comportamento é inaceitável ao propósito dos foguetes, uma vez que altera a trajetória previamente programada colocando em risco o voo, as propriedades sobre as quais o voo ocorre e, mais importante, vidas humanas.

Crédito: Amery Neto

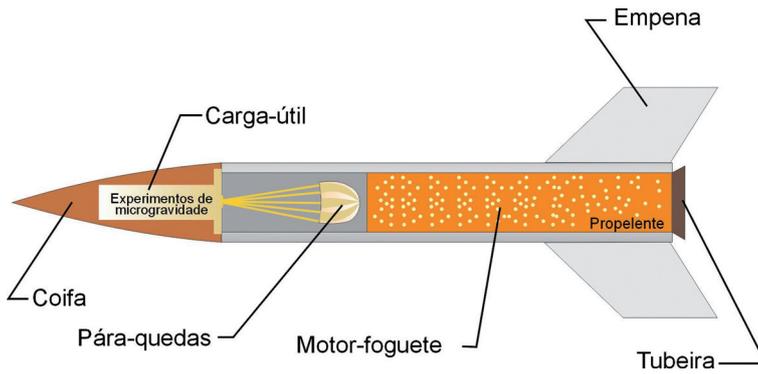


Figura 2.15. Representação esquemática de um foguete e os seus principais componentes.

Foguetes de Sondagem

Os foguetes de sondagem são aqueles que não possuindo a energia suficiente para fornecer a velocidade orbital de 28.000 km/h à sua carga-útil, atingem uma determinada altitude, denominada apogeu, e retornam à Terra por ação da gravidade. Essa situação é esquematicamente ilustrada na Figura 2.16 para um foguete com um único motor (foguete mono-estágio). Na qual são representadas as principais etapas de voo. Alcance é a distância entre o ponto de lançamento e o ponto de recuperação da carga-útil.

Crédito: Amery Neto

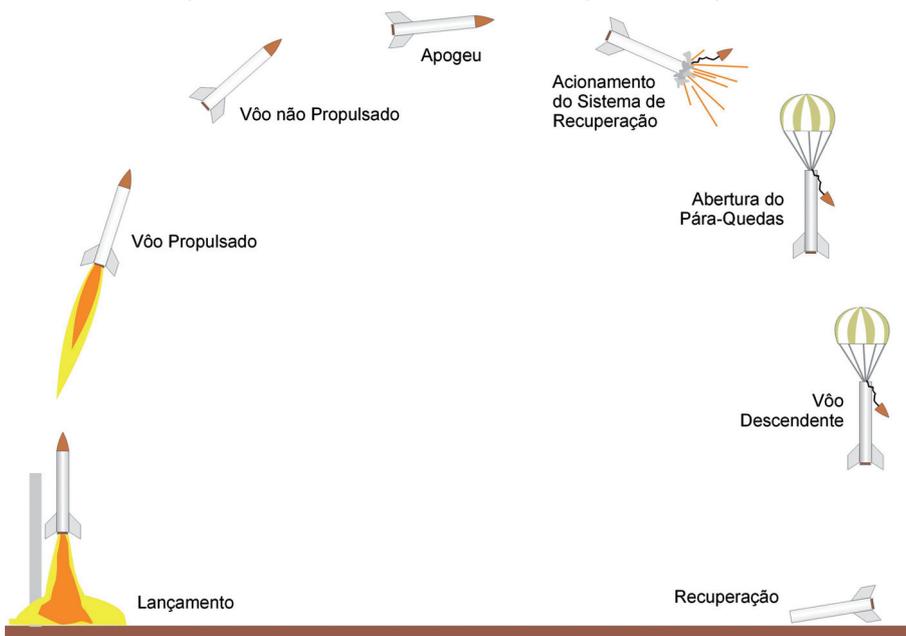
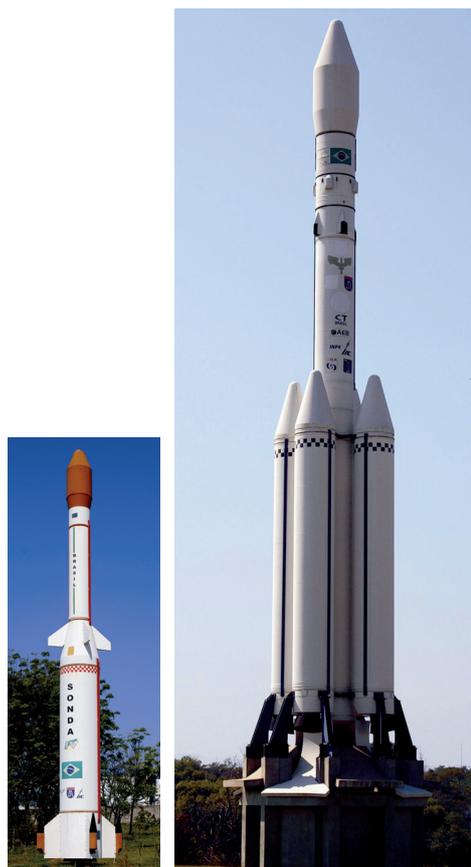


Figura 2.16. Perfil de voo de um foguete.

Veículos Lançadores de Satélites

Os veículos lançadores de satélites devem carregar energia suficiente para garantir, ao final do voo, que a sua carga-útil (satélite, por exemplo) possua uma componente de velocidade paralela à superfície terrestre de 27.000 km/h. Portanto, uma das diferenças entre um foguete de sondagem e um veículo lançador de satélites é a capacidade de fornecer velocidade à carga útil. Para deixar claro esta diferença, vale comparar o foguete de sondagem Sonda IV com o VLS-1, ambos mostrados numa mesma escala na Figura 2.17. Ambos

Figura 2.17 Comparação entre o VLS-1 e o Sonda IV.



Crédito: Danton Villas Boas

são capazes de atingir 750 km de altitude. No entanto, enquanto o perfil de vôo do Sonda IV é similar àquele ilustrado na Figura 2.16, o do VLS-1 é aquele mostrado no quadro “O Veículo Lançador de Satélites”. Enquanto o Sonda IV dá início ao seu movimento descendente ao atingir a altitude de 750 km, o VLS-1, ou o que dele restou desde o lançamento, permanece em órbita da Terra, a 27.000 km/h. As diferenças vão além, pois enquanto o Sonda IV carrega 5 toneladas de propelente em seus dois propulsores e possui 9 metros de comprimento, o VLS-1 transporta 41 toneladas de propelente, divididas em seus sete propulsores, possuindo um comprimento total de 19 metros.

O SARA

O projeto SARA (Satélite de Reentrada Atmosférica) encontra-se em desenvolvimento no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) e com ele pretende-se dotar o Brasil de uma plataforma orbital para realização de experimentos em ambiente de microgravidade. A colocação do SARA em órbita da Terra exigirá um veículo lançador de satélites, similar ao VLS-1. O SARA foi concebido para ficar dez dias em órbita da Terra (tempo de vida das suas baterias), após os quais ele terá sua reentrada induzida, sendo recuperado na superfície terrestre.

Ambiente de microgravidade

Um exemplo bastante utilizado pelos professores de física é aquele no qual os cabos de um elevador são cortados e o mesmo despenca, por ação da gravidade. Durante os breves segundos de duração da queda, o infeliz passageiro desse elevador sentirá o chão faltar aos seus pés. Se estivesse em pé sobre uma balança, esta marcaria apenas uma pequena fração do seu peso. Esta sensação de ausência de peso é decorrente do fato de que tanto o elevador quanto o passageiro caem à mesma velocidade. Alguns parques de diversão possuem torres que permitem que o candidato despenque de uma altura equivalente a um prédio de 20 andares. Para os que têm coragem e apreciam fortes emoções, este é o meio mais barato e seguro de se experimentar a sensação de ausência de peso.

Baseado no princípio acima exposto, alguns países construíram torres de queda livre. Essas torres podem atingir a altura de 100 metros. Para eliminar a influência do atrito, é feito vácuo no seu interior. Durante os 5 segundos de queda livre, é possível obter uma gravidade equivalente a cem milésimos da gravidade na superfície terrestre. Apesar de pequeno, este intervalo de tempo permite o projeto e desenvolvimento de experimentos a serem realizados pelo ônibus espacial e pela Estação Espacial Internacional. Países como os Estados Unidos, Alemanha e Japão possuem "Torre de Queda Livre".

Outro exemplo de criação de ambiente de microgravidade próximo à superfície terrestre são os vôos parabólicos realizados por aviões. Tais vôos duram cerca de 30 segundos e são largamente utilizados no treinamento de astronautas. Nos dias de hoje empresas privadas oferecem essa diversão a pessoas dispostas a pagarem a "bagatela" de três mil dólares, mais despesas de hospedagem e transporte até o local do vôo. Entretanto, vale a ressalva de que tais vôos são apelidados de "cometa do vômito".

Se os segundos providos pelas torres de queda livre e pelos vôos parabólicos com aviões não são suficientes para o fim desejado, há a possibilidade de realizar vôos parabólicos com foguetes de sondagem. Para o vôo do SARA Suborbital, experimentos de microgravidade podem ser realizados por cerca de 8,5 minutos. Por meio do Programa Microgravidade, a Agência Espacial Brasileira oferece a universidades, centros de pesquisa e escolas a possibilidade de realizar experimentos em ambiente de microgravidade. Para tanto, são utilizados os foguetes de sondagem produzidos pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE).

Caso o tempo necessário para a realização do experimento seja da ordem de alguns dias, as únicas opções são o ônibus espacial americano e a Estação Espacial Internacional (ISS). Nesses casos, entretanto, não se admite que os materiais utilizados nos experimentos, ou mesmo os experimentos, imponham qualquer risco à tripulação e à espaçonave. Conseqüentemente, a realização de experimentos nesses ambientes é cara.

O Projeto SARA, já mencionado anteriormente, visa o preenchimento da lacuna existente entre os vôos suborbitais com foguetes de sondagem e os vôos orbitais com o ônibus espacial e a Estação Espacial Internacional.

Para finalizar, é importante ressaltar que a intensidade do campo gravitacional terrestre nas altitudes de operação do ônibus espacial e da ISS é cerca de 90% daquela existente na superfície terrestre. O fato dos astronautas e objetos flutuarem no interior dessas espaçonaves decorre de que elas, tanto quanto os astronautas e objetos, encontram-se em permanente processo de queda livre em direção à superfície terrestre. Entretanto, como são dotadas de uma componente de velocidade paralela à superfície da Terra de 27.000 km/h, à medida que caem as espaçonaves descrevem uma trajetória curvilínea que acompanha a curvatura da superfície terrestre. Conseqüentemente, elas nunca atingem a superfície.

O VEÍCULO LANÇADOR DE SATÉLITES - VLS-1

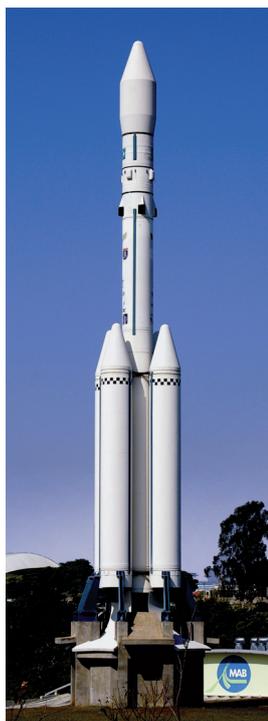
Danton José Fortes Villas Boas
e José Bezerra Pessoa Filho
Divisão de Sistemas Espaciais
Instituto de Aeronáutica e
Espaço (IAE)

Ao final da década de 1970 foi criada a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) que previa a construção e lançamento de satélites a partir do território nacional, por meio de foguetes brasileiros. Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) coube o projeto, desenvolvimento e construção dos satélites. Ao Comando da Aeronáutica, na época Ministério da Aeronáutica, coube a construção de um novo centro de lançamento, o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). O desenvolvimento do foguete necessário à colocação dos satélites em órbita, o VLS-1, ficou a cargo do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), órgão subordinado ao Comando da Aeronáutica.

O desenvolvimento do Veículo Lançador de Satélites (VLS-1), Figura 2.18, teve o seu início efetivo em 1984, após o primeiro lançamento do foguete de sondagem Sonda IV. O projeto do VLS-1 baseou-se na premissa de que o sistema deveria fazer o uso máximo da tecnologia, dos desenvolvimentos e das

instalações já disponíveis no País. As tecnologias não dominadas seriam desenvolvidas no Brasil e, em último caso, adquiridas de outros países.

O VLS-1 é um lançador de satélites convencional lançado a partir do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), situado na cidade de Alcântara, MA, próximo ao Equador terrestre. A propulsão principal é fornecida por sete propulsores a propelente sólido, divididos em quatro estágios. Das 50 toneladas de massa inicial, 41 toneladas são propelente. Tal se explica pela necessidade de impor a velocidade de 27.000 km/h ao satélite. No instante da decolagem, o VLS-1 possui 19 metros de altura. Uma missão típica do VLS-1 permite a colocação de um satélite de 150 kg numa órbita equatorial de 750 km de altitude. Dessa forma, o VLS-1 seria capaz de colocar em órbita o SCD-1 (Satélite de Coleta de Dados 1), desenvolvido pelo INPE.



Crédito: Danton Villas Boas

Figura 2.18. Maquete do VLS-1 em exposição no Memorial Aeroespacial Brasileiro - MAB.

O 1º estágio é composto por 4 motores. Eles são fixados lateralmente em relação ao corpo central composto pelos 2º, 3º e 4º estágios e pela carga útil (satélite). Após a combustão do 1º estágio seus propulsores são descartados e o voo continua, com o acionamento sucessivo dos propulsores do 2º, 3º e 4º estágios, com as respectivas separações desses estágios, logo que o propelente seja consumido, Figura 2.19. Tipicamente, o tempo de combustão de cada um dos motores é de 60 segundos.

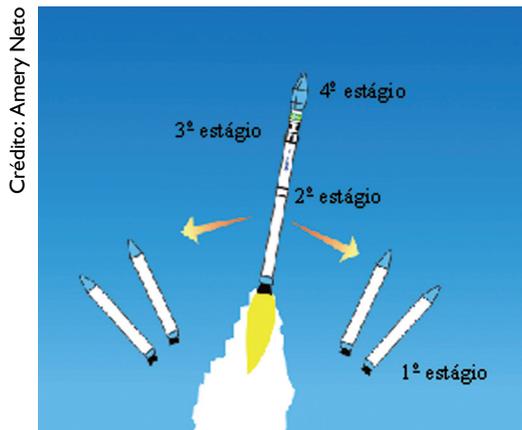


Figura 2.19. Estágios do VLS-1.

Com o intuito de controlar o voo do VLS-1, as tubeiras dos três primeiros estágios são móveis. A cada instante do voo, um dispositivo denominado plataforma inercial informa ao computador de bordo a atitude do veículo, ou seja, sua orientação em relação a cada um dos eixos de referência. Comparando a atitude real com aquela prevista pelos técnicos que desenvolveram o VLS-1, o computador de bordo comanda o movimento das tubeiras. Essas correções de trajetória são feitas automaticamente durante o voo sem que haja a intervenção dos técnicos que, do solo, acompanham o voo do VLS-1. Ou seja, o VLS-1 é dotado de “inteligência” que lhe permite em “tempo real” decidir o que fazer.

As Fases do Voo do VLS-1

Para a inserção de um satélite em órbita da Terra é necessária uma série de eventos, todos bastante complexos e que devem ocorrer com enorme precisão.

Quando da ignição dos quatro propulsores do 1º estágio do VLS-1, é gerado um empuxo total de cerca de 1.000 kN (aproximadamente 100 toneladas), ou seja, duas vezes o peso do VLS-1, Figura 2.20.

Os gases dos propulsores do 1º estágio são expelidos da tubeira a 8.300 km/h.

Com 25 segundos de voo, o VLS-1 atinge a velocidade do som, ou seja, 1.100 km/h. Tal ocorre numa altitude de 3.200 m.

A literatura aeroespacial define uma grandeza que relaciona a velocidade do veículo à velocidade do som. Trata-se do “número de Mach”. Portanto, a 3,2 km de altitude o VLS-1 está voando a Mach 1.

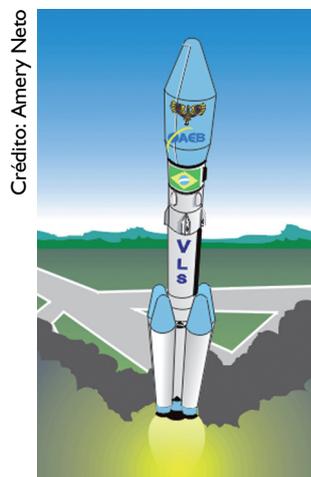


Figura 2.20. Lançamento do VLS-1.

Alguns segundos antes do final de queima dos motores do 1º estágio é dada ignição ao propulsor do 2º estágio. Tal visa o efetivo controle do veículo na fase entre o final de queima dos quatro motores do primeiro estágio e a separação destes, Figura 2.21. Os envelopes-motores do primeiro estágio caem no mar e não são recuperados. Os gases de combustão dos propulsores do 2º estágio são expelidos a 10.000 km/h. Durante a queima do 2º estágio, o VLS-1 atinge Mach 8,4. Tal ocorre 118 segundos após o lançamento, a uma altitude de 100 km.

Alguns segundos após a separação do motor do 2º estágio, é dada ignição ao propulsor do 3º estágio, Figura 2.21. Nesse instante, o VLS-1 já ultrapassou as camadas mais densas da atmosfera terrestre que, para todos os efeitos práticos, encontram-se abaixo dos 100 km de altitude. Conseqüentemente, não há mais necessidade da coifa, dispositivo que protege o satélite do atrito com a atmosfera. Com a ejeção da coifa, elimina-se uma massa de



Crédito: Amery Neto

cerca de 157 kg, melhorando o desempenho do lançador. Tanto o envelope motor do 2º estágio quanto a coifa caem no mar, próximo à costa do continente africano. Todos esses eventos devem ser cuidadosamente avaliados pelos técnicos que trabalham no VLS-1, como forma de evitar que partes do veículo caíam sobre regiões que possam causar danos a pessoas e a bens materiais.

Figura 2.21. Separação do 2º estágio, ignição do 3º estágio e ejeção da coifa.

Aos 193 segundos de vôo ocorre o fim da queima do motor do 3º estágio, bem como a sua separação. Nesse instante o VLS-1 encontra-se numa altitude de 243 km e voando a 18.600 km/h. A essa altura o conjunto Baía de Equipamentos/4º estágio/satélite, Figura 2.23, encontra-se sobre o oceano Atlântico. É na Baía de Equipamentos que se encontram a plataforma inercial, o computador de bordo e 8 micro-propulsores responsáveis pelo sistema de basculamento. Considerando-se o plano da Figura 2.22, o conjunto Baía de Equipamentos/4º estágio/satélite está inclinado de 52º, em relação à vertical. A ignição do motor do 4º estágio somente ocorre após a separação da Baía de Equipamentos. No entanto, com ela se vai a “inteligência” do VLS-1 e, portanto, somente pode ocorrer após a manobra de basculamento, que visa posicionar o conjunto Baía de Equipamentos/4º estágio/satélite na atitude desejada, qual seja paralela à superfície terrestre. O princípio de funcionamento dos micro-propulsores responsáveis pela manobra de basculamento

é semelhante ao dos motores principais, mas, neste caso, o empuxo é gerado pela descarga de nitrogênio pressurizado. A operação de basculamento demora cerca de 60 segundos, podendo consumir cerca de 4 quilogramas de nitrogênio, que são transportados em tanques pressurizados na Baia de Equipamentos. Como não se encontra propulsado durante essa fase, há uma redução de velocidade do conjunto, decorrente da ação da força gravitacional.



Figura 2.22. Manobra de basculamento do VLS-1.

Finalizada a orientação do motor do 4º estágio, que a ele tem acoplado o satélite de um lado e a Baia de Equipamentos do outro lado, são acionados os 4 propulsores de indução de rolamento, Figura 2.23, que impõem 180 rotações por minuto, em torno do eixo longitudinal. Tais propulsores fazem uso de 600 gramas de propelente sólido cada, consumidos em 2 segundos. Essa rotação é necessária para conferir estabilidade ao sistema, de modo análogo ao que ocorre com os piões. Em uma trajetória típica do VLS-1 a indução de rolamento ocorre após 457 segundos de voo, quando o VLS-1 está voando a uma velocidade de 15.600 km/h, a 700 km de altitude. Somente neste instante é feita a separação da Baia de Equipamentos, Figura 2.24. Vale ressaltar que desde a separação do motor do 3º estágio não há força propulsiva. Portanto, o que restou do VLS-1 continua subindo por inércia. Em função da gravidade que continua a agir sobre ele, a sua velocidade, que era de 18.580 km/h, foi reduzida para 15.600 km/h.

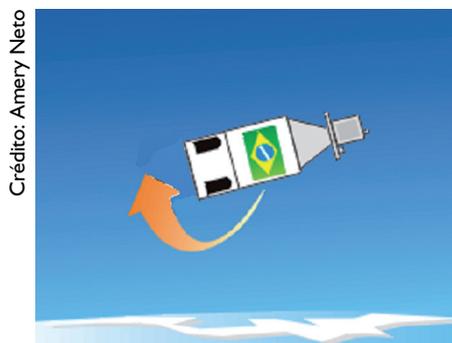


Figura 2.23. Indução de rotação do VLS-1.

Depois das manobras de basculamento, indução de rotação e separação da Baia de Equipamentos o propulsor do 4º estágio é acionado levando o satélite de 15.600 km/h à velocidade final de 27.000 km/h. Após os 60 segundos de queima do propulsor do 4º estágio dá-se a separação do satélite do quarto estágio, Figura 2.25. Neste caso,

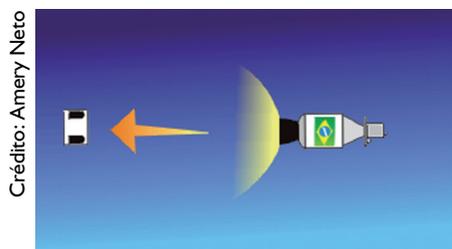


Figura 2.24. Separação da Baia de Equipamentos do VLS-1.

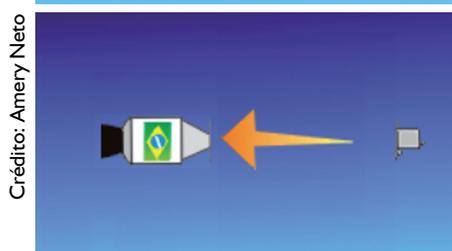


Figura 2.25. Separação do satélite.

ficam em órbita da Terra o satélite e o envelope-motor do 4º estágio que, vazio, vira lixo espacial.

Na Figura 2.24 é apresentado o perfil típico do vôo do VLS-1. Pode-se ver os tempos (T), altitudes (h) e velocidades (V) onde ocorrem os principais eventos de vôo. Por exemplo, a injeção do satélite em órbita da Terra é feita em 532 segundos, ou seja, cerca de 9 minutos após a decolagem, em uma altitude de 745 km. A partir desse resumo não é difícil concluir do extraordinário desafio relacionado à colocação de um satélite em órbita da Terra, ainda mais quando se considera que o VLS-1 é composto de 2.000 peças, conforme esquematicamente ilustrado na Figura 2.24. Não é à toa que apenas oito países do mundo detêm a tecnologia de lançamento de satélites.

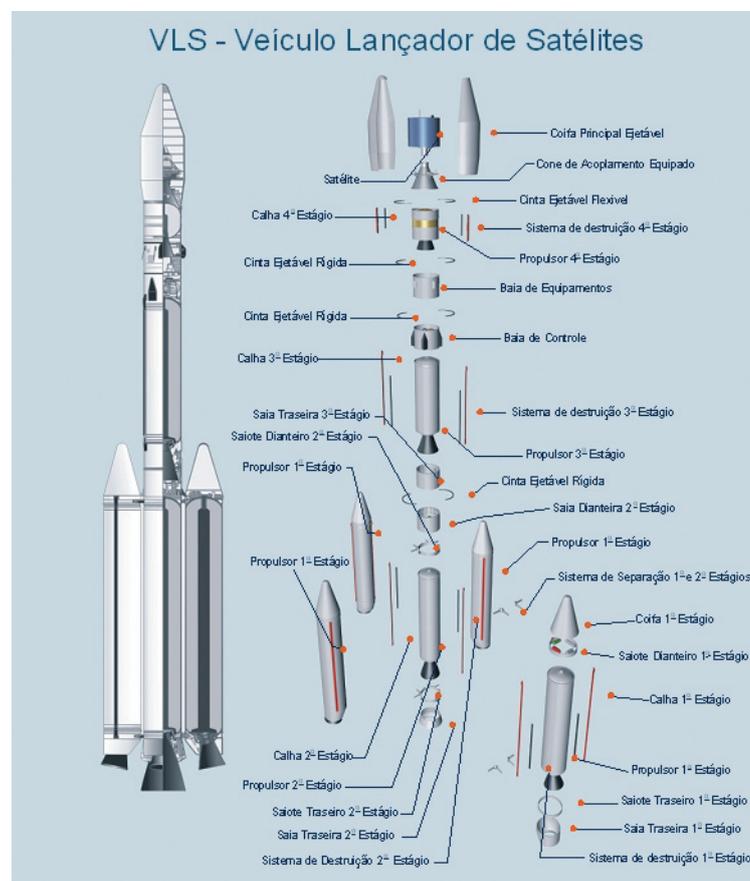


Figura 2.26. Perfil da Missão do VLS-1.

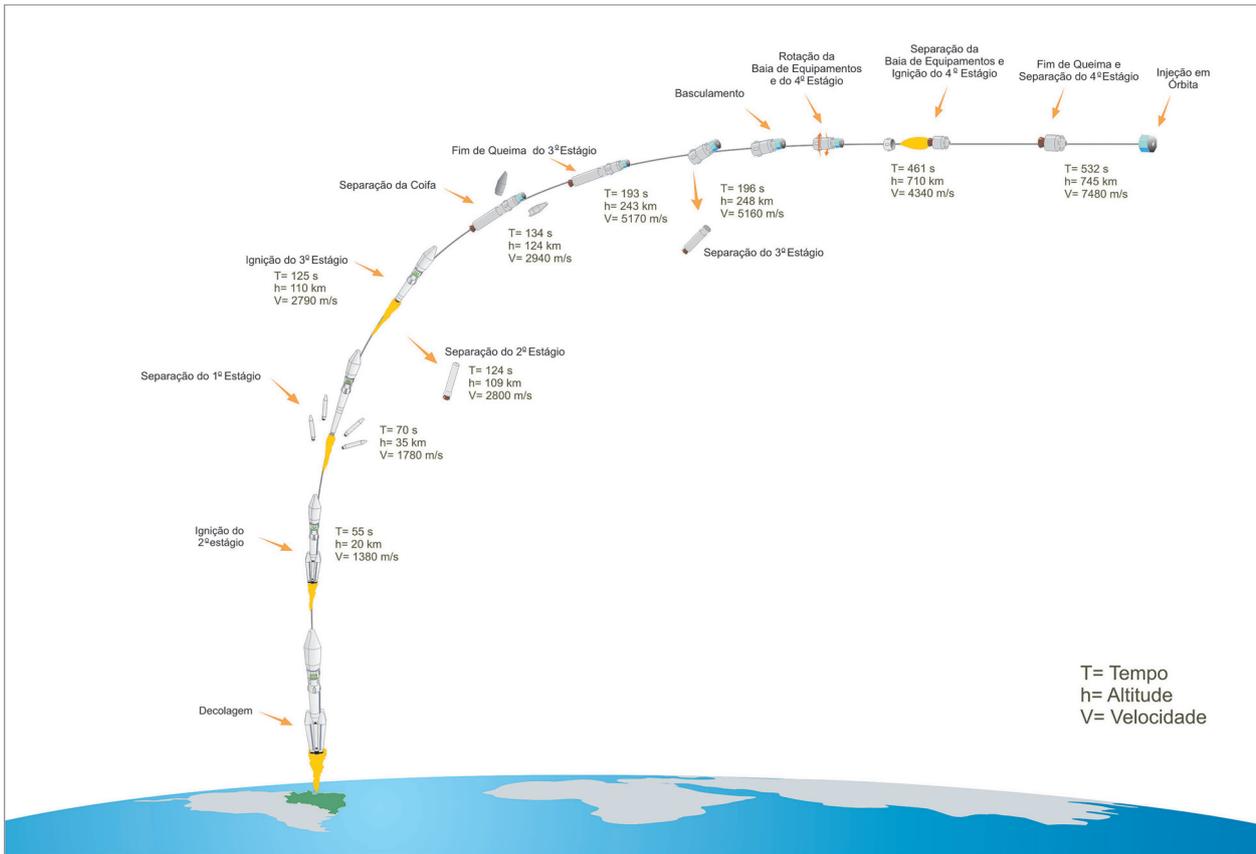
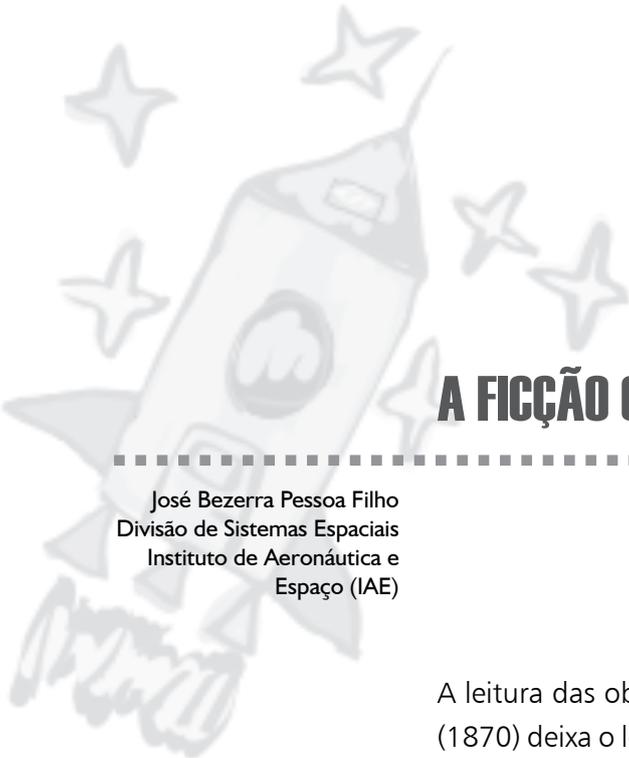


Figura 2.27. Alguns dos milhares de componentes do VLS-I.



A FICÇÃO CIENTÍFICA VIRANDO FATO CIENTÍFICO

José Bezerra Pessoa Filho
Divisão de Sistemas Espaciais
Instituto de Aeronáutica e
Espaço (IAE)

A leitura das obras de Verne “Da Terra à Lua” (1865) e “Ao Redor da Lua” (1870) deixa o leitor impressionado pelas similaridades com o que ocorreria um século depois, por ocasião da chegada do homem à Lua, tais como:

- Júlio Verne, um francês, anteviu que se alguma nação porventura realizasse similar façanha, ela seria a americana.
- Na noite do dia 05 de outubro de 1865, em uma concorrida assembléia do Clube do Canhão, em Baltimore, próximo a Washington D.C., o presidente Barbicane, 40 anos de idade, propunha usar o conhecimento acumulado duante a Guerra Civil (1861-1865) para lançar, por meio de um canhão, um projétil em direção à Lua.
- Na noite do dia 25 de maio de 1961, em plena Guerra Fria, o então presidente americano John Kennedy, aos 43 anos, estremeceu a opinião pública mundial ao anunciar, perante uma sessão conjunta do Congresso Americano, em Washington D.C., que até o final daquela década os americanos levariam o homem à Lua e o trariam de volta.
- Da mesma forma que a Missão Apollo, a viagem lunar proposta por Barbicane foi acompanhada de perto pela imprensa e população do planeta.
- O projétil proposto por Barbicane foi arremessado em direção à Lua por um canhão denominado Columbia. No seu interior iam, além do próprio Barbicane, Nicolas e Ardan. Columbia foi o nome do módulo de comando da missão Apollo 11, que levou 3 homens à Lua em 1969. Eram eles: Armstrong, Aldrin e Collins.
- O projétil de Verne era feito em alumínio e pesava 8.730 kg. O Columbia da Apollo 11 era predominantemente feito em alumínio e pesava 11.920 kg. Ambos tinham o formato cilindro-cônico.
- Tanto o projétil de Verne quanto aqueles das missões Apollo foram lançados do estado da Flórida, EUA.

- Para avaliar os efeitos da aceleração do lançamento sobre os animais, Verne usou um gato e um esquilo. Os americanos utilizaram-se de macacos.
- Dentre as visões que Barbicane, Nicolas e Ardan tiveram ao circunavegarem a Lua ressaltou-se o “Mar da Tranqüilidade”, situado próximo ao equador lunar, local onde a Apollo 11 pousou em 1969.
- O conceito de retro-foguetes imaginados por Verne para atenuar o impacto na alunissagem foi utilizado pela Apollo 11 para permitir o pouso suave de Armstrong e Buzz Aldrin na Lua, em 20 de julho de 1969.
- Tendo em vista a não possibilidade de chegarem à Lua, os retrofoguetes imaginados por Verne foram utilizados para permitir o regresso de Barbicane, Nicolas e Ardan à Terra. O mesmo ocorreu em 1970, quando a tripulação da Apollo 13, avariada por uma explosão, fez uso dos retrofoguetes para retornar à Terra.
- Lançada em 01 de dezembro de 1866, Barbicane, Ardan e Nicole caíram no oceano Pacífico. A viagem demorou 242 horas e 31 minutos, incluindo 48 horas em órbita ao redor da Lua. O resgate foi efetuado pela corveta da Marinha dos EUA denominada Susquehanna. Cem anos depois, a Apollo 8 foi lançada da latitude cerca de 231 km distante do local de lançamento de Verne. Após uma jornada de 147 horas e um minuto, incluindo 20 horas e 10 minutos em órbita da Lua, Borman, Anders e Lovell, foram recuperados no oceano Pacífico, tendo sido resgatados pelo navio da Marinha americana Hornet.
- Da mesma forma que os astronautas da Apollo 11, Barbicane, Nicolas e Ardan tiveram uma recepção apoteótica quando do seu retorno.

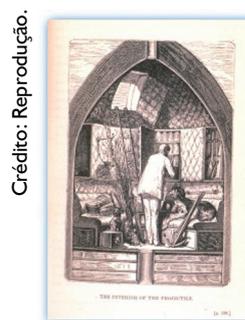
É claro que algumas dessas semelhanças são meras coincidências, mas é fato que Júlio Verne fez uso dos conhecimentos de física, astronomia, química e matemática disponíveis à sua época para escrever o livro. Não custa lembrar que um dos objetivos do editor das obras de Verne, Pierre-Jules Hetzel, era usar a sua obra como forma de passar ensinamentos aos leitores. Portanto, não é à toa que “Da Terra à Lua” e “Ao Redor da Lua” inspirou homens como o russo Konstantin Tsiolkovsky e o brasileiro Santos-Dumont.

E para que tudo não pareça perfeito, vale a pena mencionar alguns aspectos do livro de Verne que não encontram fundamentos na teoria e na prática conhecidas. O primeiro deles diz respeito à possi-



Crédito: NASA

Figura 2.28. Módulo de comando e serviço da Apollo.



Crédito: Reprodução.

Figura 2.29. Interior do Projétil de Verne.

bilidade de um canhão imprimir velocidade de 11 km/s a um projétil, quase que instantaneamente, conforme proposto por Verne. De fato, a aceleração seria tão elevada que mataria todos os seres vivos no interior do projétil. Também implausível, foram as situações nas quais Barbicane, Ardan e Nicole abriam rapidamente a escotilha da sua espaçonave para “jogar fora” detritos por eles gerados, bem como o corpo de Satélite (cachorra morta como consequência do lançamento). O mesmo vale para o uso de termômetros para obter a temperatura fora do projétil. Outro aspecto no qual Verne não logrou êxito foi imaginar que somente no ponto neutro entre a Terra e a Lua haveria a sensação de falta de gravidade. Em realidade, vencida a atmosfera terrestre e considerando-se o não acionamento de propulsores, os astronautas encontram-se sob a sensação de ausência de peso. Cálculos mais recentes indicam que com a quantidade de pólvora utilizada Ardan, Barbicane e Nicole teriam atingido a velocidade de apenas 1,65 km/s, ou seja, dez vezes menor que aquela assumida por Verne. Nessas condições, os três chegariam a não mais do que 20 km acima da superfície, quando seriam trazidos de volta à superfície terrestre, por ação da gravidade.



O FUTURO DO PROGRAMA DE LANÇADORES NO BRASIL

Danton José Fortes Villas Boas
Divisão de Sistemas Espaciais
Instituto de Aeronáutica e
Espaço (IAE)

O VLS-1, atualmente, é o principal projeto de lançadores satelitizadores, onde encontra-se na fase de qualificação em voo. Até o presente, foram construídos três protótipos e efetuados dois lançamentos a partir do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA).

Nos lançamentos dos protótipos V01 e V02, realizados em 1997 e 1999, respectivamente, problemas técnicos impediram o cumprimento da missão, mas permitiu a qualificação em voo de diversos componentes do veículo. O protótipo V03, cujo lançamento deveria ter ocorrido em 2003, resultou em acidente, em 22 de agosto daquele ano, antes da tentativa de lançamento.

O desenvolvimento do VLS-1 continua, com a revisão de diversos sistemas. É previsto o lançamento do quarto protótipo V04 e posteriormente o desenvolvimento de novos lançadores, dando continuidade ao Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE).

Em 24 de outubro de 2005 a Agência Espacial Brasileira (AEB) e o Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA) anunciaram o Programa de Lançadores Cruzeiro do Sul. Denominado em referência as cinco estrelas da constelação Cruzeiro do Sul a nova família de lançadores é composta pelos veículos Alfa, Beta, Gama, Delta e Epsilon (Figura 2.30), atenderá tanto as missões espaciais propostas no PNAE da AEB, como também as missões de clientes internacionais. Com custo estimado em US\$ 700 mil e prazo de execução para 17 anos, o programa possibilitará ao Brasil a independência no transporte espacial de satélites de pequeno à grande porte.

O programa, que prevê uma evolução gradativa dos seus veículos para alcance de melhores desempenhos e de maiores capacidades para o transporte de carga útil, terá como um de seus maiores desafios o desenvolvimento e a fabricação de motores à propulsão líquida de médio e grande porte. O primeiro veículo do programa, o VLS Alfa é um lançador de três estágios e é baseado no VLS-1. Ele utiliza o 1^o e 2^o estágios do VLS-1 e incorpora um

novo propulsor a propelente líquido em substituição aos 3^o e 4^o estágios. O programa tem previsão de lançamento do veículo de maior porte (VLS Epsilon) em 2022, ano do Bicentenário da Independência.

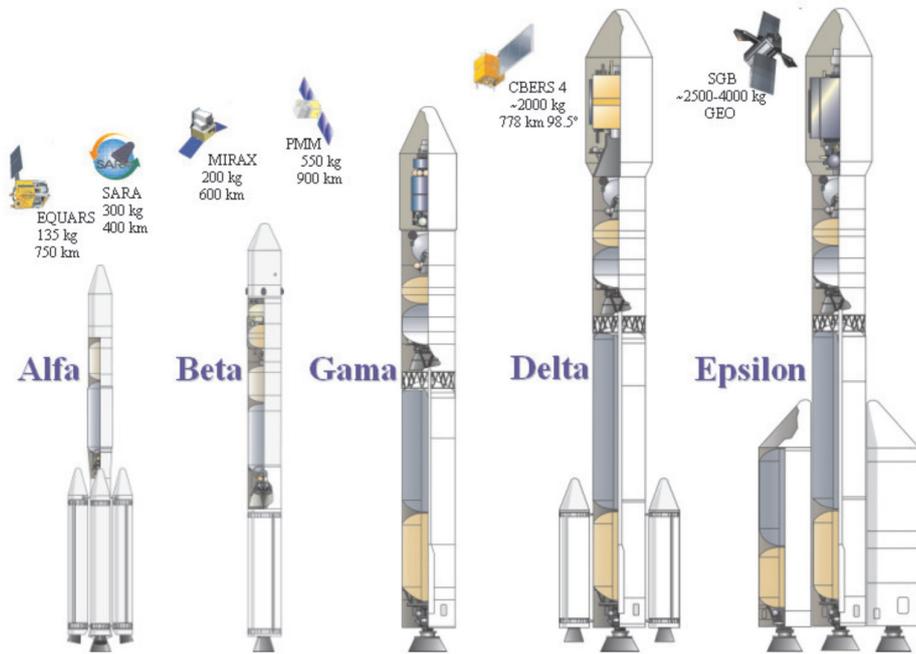


Figura 2.30. Os Lançadores do Programa Cruzeiro do Sul.



Referências e Bibliografia Recomendada

Alberto Santos Dumont, "O que eu vi, o que nós veremos", 1918.

Agência Espacial Brasileira - AEB, "Programa Nacional de Atividades Espaciais - PNAE 2005/-2014", http://samba.aeb.gov.br/area/download/pnae_web.pdf.

Agência Espacial Brasileira - AEB, Arquivos de Multimídia
<http://samba.aeb.gov.br/area/multimidia/Multimidia.htm>.

Arquivos do Instituto de Aeronáutica e Espaço, Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial, IAE-CTA, São José dos Campos – SP, <http://www.iae.cta.br>.

Associação Aeroespacial Brasileira, AAB, <http://www.aeroespacial.org.br/educacao>.

Gabaritos das Provas da VIII Olimpíada Brasileira de Astronomia e de Astronáutica – 2005, Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e Agência Espacial Brasileira (AEB), <http://www.oba.org.br>.

NASA, "Brief History of Rockets" , site internet acessado em 25/10/2005, http://www.lerc.nasa.gov/WWW/K-12/TRC/Rockets/history_of_rockets.html

NASA, "Rocket Index", site internet acessado em 25/10/2005, <http://exploration.grc.nasa.gov/education/rocket/shortr.html>.

NASA Johnson Space Center, Grupo de Trabalho em Educação, "Foguetes – Manual do Professor com Atividades de Ciências, Matemática e Tecnologia", setembro de 1996, disponível para download em <http://www.aeroespacial.org.br/educacao/livros.php>.

Palmerio, A. F., "Introdução à Tecnologia de Foguetes", 4ª. Edição, Julho de 2004, IAE/ITA.

O Espaço - CD-Rom, Editora Globo.

Enciclopédia do Espaço e do Universo - CD-ROM, Editora Globo, 2005.

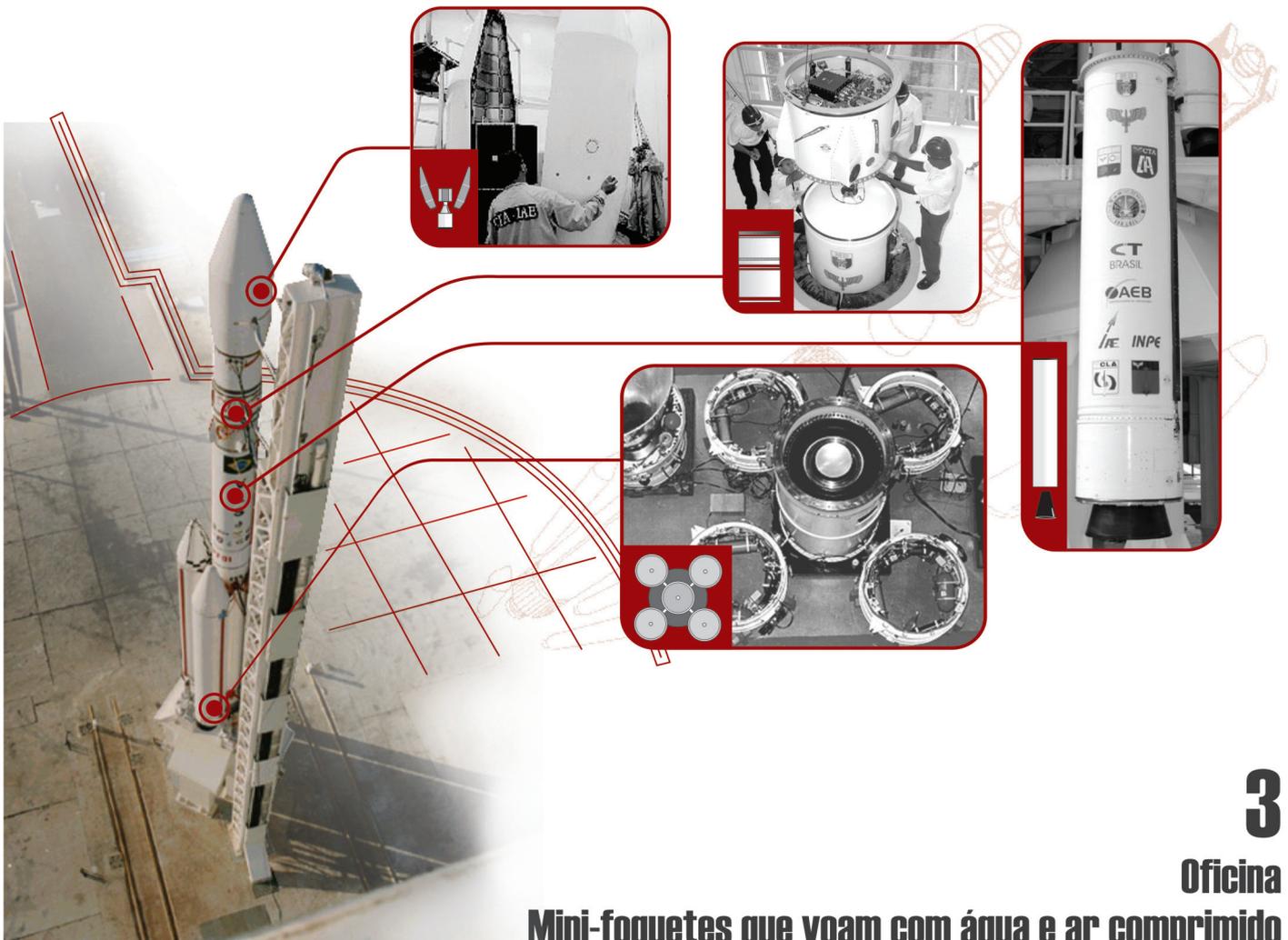
AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA



FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES

CURSO ASTRONÁUTICA
E CIÊNCIAS DO ESPAÇO

VEÍCULOS ESPACIAIS



3

Oficina

Mini-foguetes que voam com água e ar comprimido

José Guido Damilano (IAE/CTA)



Ministério da
Educação

Ministério da
Ciência e Tecnologia





MINI-FOGUETES QUE VOAM COM ÁGUA E AR COMPRIMIDO

Objetivo

De acordo com conceitos físicos, apresentados durante a oficina, discutiremos como funciona o foguete a ser construído, bem como a finalidade de suas empenas e coifa (Figura 3.1). Apesar da simplicidade do mini-foguete construído, será realçada a extrema importância dos cuidados com a segurança. Serão também discutidos os tipos de medidas que podem ser efetuadas nos lançamentos de tais foguetes e aplicações diretas de conceitos em sala de aula. Então, usando garrafas PET de 2 litros, papelão, fita adesiva larga, tesoura, cola e cartolina construiremos os mini-foguetes. Finalmente, esses mini-foguetes serão lançados no espaço apropriado, destinado a essa atividade

Duração

3 horas.

Procedimentos

A partir de garrafas PET de 2 litros, papelão, fita adesiva larga e tesoura cola e cartolina construiremos um foguete. Baseado em alguns conceitos físicos a serem apresentados durante a oficina. Na ocasião discutiremos como funciona o foguete que será construído, bem como a finalidade das suas empenas e coifa (Figura 3.2). Em que pese a simplicidade do foguete construído, realçaremos a importância dos cuidados com a segurança, os quais deverão permear as atividades. Posteriormente, apresentaremos os tipos de medidas que podem ser efetuadas no lançamento de tais foguetes e a forma de utilização. Finalmente, procederemos ao lançamento dos foguetes construídos no espaço reservado para isso.

Esta oficina está relacionada às disciplinas de física, educação artística, português, matemática e química.

Materiais

- 2 Garrafas PET de 2 litros
- 1 rolo de fita adesiva transparente (larga)
- 1 tesoura
- 1 funil
- 1 óculos de segurança
- 1 fita para isolamento de área (preta e amarela)
- 1 cronômetro

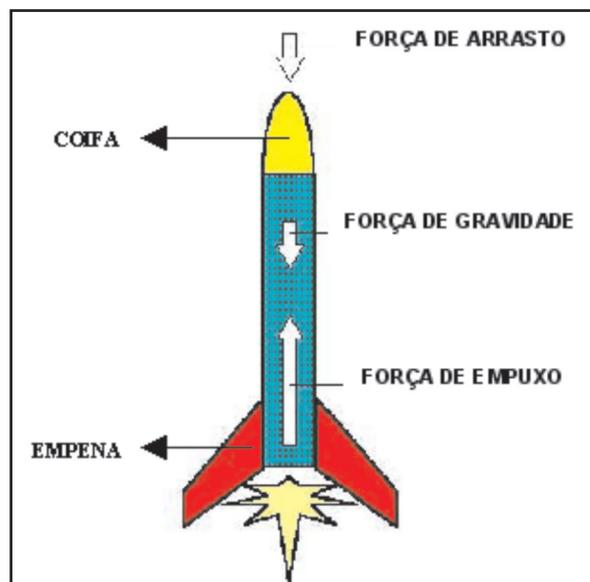


Figura 3.1. Forças atuantes em um foguete.

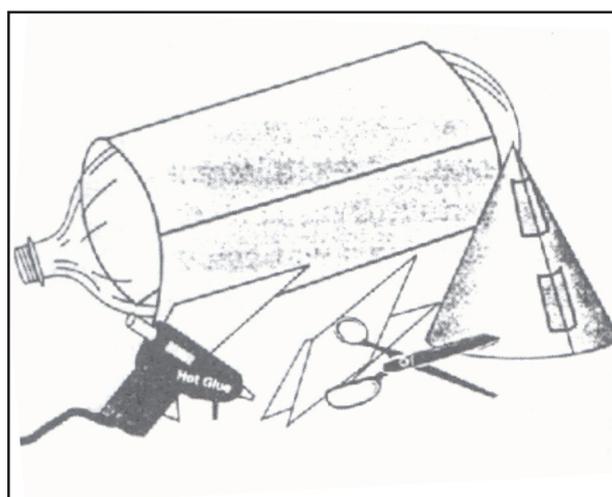


Figura 3.2. Modelo de foguete a ser construído.



CÓDIGO DE SEGURANÇA PARA LANÇAMENTO DE FOGUETES À ÁGUA

Este código de Segurança
foi baseado no NAR Model
Rocket Safety Code
(MRSC, February 2001,
<http://www.nar.org>)

1. Objetivo

Em que pese ser uma atividade divertida, é imperativo que todos aqueles envolvidos em uma operação de lançamento de mini-foguetes estejam cientes dos riscos envolvidos e estejam preparados para conduzir a operação de lançamento dentro de critérios de segurança. Vale lembrar que o Código de Segurança ora proposto visa não somente à proteção dos participantes da atividade, mas, também, das pessoas que, mesmo não participando da atividade, possam sofrer suas conseqüências. Portanto, é fundamental que as regras a seguir apresentadas sejam lidas, entendidas e seguidas, à risca, por TODOS aqueles envolvidos em uma operação de lançamento.

2. Foguete à Água

É definido como sendo qualquer foguete no qual a força de empuxo é gerada a partir de um gás (ar comprimido) a baixa temperatura atuando sobre um líquido inerte (água). Para efeito deste Código de Segurança, admite-se que os foguetes serão construídos com garrafas PET de 2 litros.

3. Materiais

Meu foguete será construído com materiais leves, tais como: papel, plástico e fita adesiva. Eu não usarei material metálico em qualquer parte do foguete.

4. Câmara de Pressão

Somente utilizarei para esse fim garrafas de refrigerante gaseificado tipo PET, novas, que não apresentem danos de qualquer natureza. Descartarei e inutilizarei uma garrafa após a mesma ter sido pressurizada 15 vezes. A pressão a ser utilizada será de, no máximo, 75 libras por polegada quadrada (75 psi), equivalente a cinco vezes a pressão atmosférica, aproximadamente. Eu não utilizarei cola a quente para fixar as empenas ou qualquer outra parte do foguete na garrafa que compõe a câmara de pressão. Para esse

fim somente utilizarei fita adesiva de qualidade comprovada. Durante a construção, testes ou lançamento eu não manusearei ou me aproximarei de um foguete cuja câmara esteja pressurizada.

5.Sistema de Pressurização

Eu utilizarei um sistema de pressurização manual (tipo bomba de encher pneu de bicicleta), contendo um indicador de pressão (manômetro), lembrando que, em nenhuma hipótese, a pressão poderá ultrapassar 75 psi (cinco vezes a pressão atmosférica, aproximadamente). Meu sistema permitirá que o foguete seja pressurizado, despressurizado (se necessário) e lançado de uma distância segura.

6.Segurança no Lançamento

Eu utilizarei uma contagem regressiva antes do lançamento e garantirei que os espectadores permaneçam a uma distância superior a 10 metros, da plataforma de lançamento. Qualquer observador dentro de uma área de 5 metros de distância deverá portar proteção ocular (óculos de segurança) enquanto o foguete estiver pressurizado. Eu assegurarei que as pessoas na área de lançamento estejam sempre cientes da iminência do lançamento do foguete e possam ver o foguete antes que eu comece a contagem regressiva de dez segundos. Eu não lançarei o foguete usando-o como uma arma. Se o meu foguete sofrer alguma falha de lançamento, eu não permitirei que alguém se aproxime do lançador até que o mesmo tenha sido despressurizado. Eu esperarei um minuto depois da falha de lançamento antes de permitir que alguém se aproxime do lançador.

7.Peso

Meu foguete pesará vazio (seco), no máximo, 500 gramas.

8.Estabilidade

Eu verificarei a estabilidade do meu foguete antes do seu primeiro voo, exceto quando lançar um foguete de estabilidade já comprovada.

9.Carga útil

Meu foguete nunca transportará animais e nem carga útil que seja intencionada para ser inflamável, explosiva, ou prejudicial à saúde ou ao meio ambiente.

10.Local de lançamento

Eu lançarei o meu foguete em área limpa e externa livre de árvores altas, de fios elétricos, prédios, e vegetação. Para o foguete feito com garrafas PET de 2 litros, o local de lançamento deverá ter, pelo menos, 100 metros de extensão.

11. Base de lançamento

Eu lançarei o meu foguete a partir de uma base estável de lançamento que guie o meu foguete rigidamente, até ele atingir uma velocidade adequada para garantir um vôo seguro. Eu nunca ajustarei o dispositivo de lançamento na posição vertical.

12. Condições de lançamento

Os lançamentos devem ser supervisionados pelo professor responsável pela equipe.

13. Testes de pré-lançamento

Quando conduzindo atividades de pesquisa (testes) com foguete de projeto ou procedimentos ainda não comprovados eu irei, quando possível, determinar a confiabilidade e segurança do foguete através de testes de pré-lançamento. Eu conduzirei os testes de pré-lançamento deste foguete somente com a presença de pessoas que estejam participando do lançamento. Para minimizar os riscos, os testes de lançamento deverão ser realizados somente com ar comprimido, ou seja, sem água e com uma baixa pressão, 30 psi, por exemplo.

14. Ângulo de lançamento

Minha plataforma de lançamento será ajustada com, no mínimo, 60 graus de elevação e, no máximo, 85 graus de elevação. Eu nunca usarei motores de foguete para impulsionar qualquer dispositivo horizontalmente.

15. Riscos de recuperação

Se um foguete ficar preso a um fio elétrico ou em outro local perigoso, eu não tentarei soltá-lo e procurarei o socorro adequado junto às autoridades públicas (Corpo de Bombeiros e Polícia local).

Declaro estar ciente, e de acordo, com todas as regras estabelecidas neste documento, comprometendo-me a cumprir rigorosamente todas as regras de conduta de segurança nele estabelecidas e assumindo inteira responsabilidade pelas conseqüências do seu uso.

Assinatura _____

Data: ____/____/____

FICHA DE SEGURANÇA

Nome da Escola: _____

Endereço: _____

CEP: _____ Cidade: _____ UF: _____

Telefone: (____) _____

Nome do professor responsável pela equipe: _____

RG: _____ Órgão Expedidor: _____

e-mail: _____

Declaro conhecer e respeitar o código de Segurança para Lançamento de Foguetes à Água

Assinatura _____

Data: ____/____/____ Cidade: _____ UF _____

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA



INSTITUIÇÕES PARCEIRAS

Apoio:

Realização:



Ministério da
Educação

Ministério da
Ciência e Tecnologia



AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA

Programa AEB Escola

SPO - Área 5 - Quadra 3 - Bloco A - Salas 126 a 128 - CEP: 70610-200 Brasília DF
Fone: (61) 3411-5678 | 3411-5517 - Fax: (61) 3411-5505 | 3411-5131 | aebescola@aeb.gov.br
www.aeb.gov.br