

ARTE & CIÊNCIA

COLEÇÃO
INTER



**MORTE NO ESPAÇO:
Anatomia e ícones dos
desastres dos ônibus espaciais
Challenger e Columbia**



Marcos Cesar Danhoni Neves

Texto e Contexto

EDITORA

Marcos Cesar Danhoni Neves

**MORTE NO ESPAÇO:
Anatomia e ícones dos desastres dos ôni-
bus espaciais challenger e columbia**

Texto e Contexto

EDITORA

© 2023 Marcos Cesar Danhoni

TEXTO E CONTEXTO

Diretora e editora-chefe: Rosenéia Hauer

Projeto gráfico e diagramação: Equipe Texto e Contexto

Supervisão editorial: Josie Agatha Parrilha da Silva

Capa: Arte - Imagem gerada por Inteligência Artificial, AI ART, a partir das palavras geradoras “explosion shuttle”

Produção - Martin Alves

Neves, Marcos Cesar Danhoni

N518

Morte no espaço: anatomia e ícones dos desastres dos ônibus espaciais Challenger e Columbia [livro eletrônico]/ Marcos Cesar Danhoni. Ponta Grossa: Texto e Contexto, 2023. Coleção Arte & Ciência (Vol. 2)

79p.; il; E-book – PDF Interativo

ISBN: 978-94441-87-4

ISBN Coleção: 978-85-94441-77-5

1. Astronautas – morte. 2. Missão espacial – tragédia. 3. Ônibus espacial - desastre. I. T.

CDD: 520

Ficha Catalográfica Elaborada por Maria Luzia Fernandes Bertholino dos Santos – CRB9/986

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”

APOIO:



Texto e Contexto
EDITORA

www.textoecontextoeditora.com.br

(42) 988834226

contato@textoecontextoeditora.com.br



Marcos Cesar Danhoni Neves é professor Titular do Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia-UTFPR/PG e do Programa de Educação para a Ciência e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá (UEM), além de uma participação no Programa Internacional de Master in Science (BUAP-Puebla- Mexico/INSA-Lyon-França/UTFPR-PG) para a cátedra “Intercultural Education”. Graduado em Licenciatura em Física pela UEM, Mestre em Física e Doutor em Educação pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Especialista em Educação e Divulgação Científica pelo MASHAV-Jerusalém (Israel). Coordena o Workshop Paranaense de Arte-Ciência e as várias edições do International Meeting on Art-Science. É autor, co-autor e/ou editor de mais de 40 livros, entre eles: *Astronomia de Régua e Compasso: de Kepler a Ptolomeu*; *Lições da Escuridão*; *Memórias do Invisível*; *Astronomia e Cosmologia*, e de quase uma centena de artigos científicos. Em 2010 e 2019 recebeu os Prêmios Paranaense de Ciência e Tecnologia nas áreas de Ciências Humanas e Exatas, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Este livro foi escrito para homenagear os tripulantes que pereceram em diversos acidentes ocorridos em missões espaciais desde a década de 1960 e, especialmente, para lembrar os vinte anos da tragédia do Columbia, agora em 2023.

Agradeço à Profa. Dra. Josie Agatha Parrilha da Silva, pelo apoio e pela brilhante coleção *Arte & Ciência*, da qual esse livro é parte integrante e pela sua tenacidade em liderar o grupo INTERART em uma década de existência.

Agradeço ainda aos professores e estudantes de Mestrado e Doutorado dos três Programas de Ensino de Ciências que participo (PCM-UEM, PPGECEM-UEPG, PPGECT-UTFPR/PG), aos meus orientandos do Programa de Educação Tutorial em Física (PET-FÍSICA/UEM) e aos apoios que tenho recebido para desenvolvimento de pesquisas ao longo dos últimos anos (CNPq, CAPES, SESu, Fundação ARAUCÁRIA).

O Autor.
(outono, 2023)

A todos aqueles que partiram: meu pai José, Joel, Matilde,
Arguello, Cortini, Henricão, Bressan, Duprè, Florence, ...

“A Terra é o berço da humanidade, mas ninguém pode
viver no berço para sempre!”

(Konstantin Tsiolkovsky)

SUMÁRIO

Prefácio	09
Introdução	12
Da cadela Laika ao fatídico voo da Soyuz II	15
Morte na decolagem: o acidente da Challenger	24
Sobre a sobrevivência da tripulação após a explosão a 73 segundos do lançamento até a cabine de comando atingir a superfície do oceano.....	39
Columbia: a morte coletiva na volta à terra - análise do acidente e do que ocorreu com toda a tripulação	46
Conclusão: seria possível a sobrevivência das tripulações da Challenger e Columbia?	60
Referências consultadas e sugeridas	79

PREFÁCIO

Marcos Cesar Danhoni Neves é físico, pertencente ao corpo docente da Universidade Estadual de Maringá, PR. Ele atua nas áreas de Física, Astronomia e na discussão dos conceitos fundamentais e da História da Cosmologia. O seu interesse pela Física nasceu de seu entusiasmo e paixão pela exploração espacial desenvolvida, desde os seus primórdios na década de 1950, pelos Estados Unidos e pela então União Soviética, como ele mesmo reconhece. Às suas atividades de docência, pesquisa, orientação acadêmica, autoria de livros educacionais, deve-se acrescentar o seu significativo trabalho de divulgação científica e tecnológica.

E aqui chegamos a este extraordinário livro de divulgação sobre a tragédia norte-americana dos ônibus espaciais da NASA. O ano de 2023 marca os 20 anos do sacrifício dos sete astronautas do ônibus espacial Columbia e os 37 anos da morte dos sete tripulantes da Challenger. O autor apresenta um levantamento iconográfico e descritivo de cada uma destas tragédias. Uma cuidadosa apresentação de fotos da época retrata as vítimas, os pontos frágeis das cápsulas espaciais e dos foguetes propulsores dos ônibus.

O foguete que levava o ônibus espacial Challenger explodiu na decolagem em 28 de janeiro de 1986. Um minuto e meio após o lançamento, a cabine de comando foi arremessada para o alto e alguns minutos depois chocou-se violentamente contra a superfície do oceano a quase 400 km/h. Marcos Neves descreve documentalmente os acontecimentos por que passaram os tripulantes e como foram suas mortes.

O ônibus espacial Columbia explodiu na reentrada na atmosfera ao final de sua missão. A destruição do Columbia foi causada por algo ocorrido no início da missão: um buraco foi criado na asa esquerda do ônibus espacial por um fragmento do foguete desprendido durante a decolagem. Os detalhes subsequentes ao desastre ocorrido na reentrada na atmosfera, especialmente as consequências sobre os sete astronautas, são descritos vividamente.

Os acidentes poderiam ter sido evitados? Seria possível a sobrevivência das tripulações? Marcos Neves é radical e positivo em sua conclusão sobre as tragédias do Challenger e do Columbia. Ele responde: Sim,

se houvesse “*o respeito à vida humana*” nos projetos dos ônibus espaciais. Por exemplo, os assentos balísticos para ejeção dos astronautas, que existiam em outros projetos norte-americanos e soviéticos, não foram previstos em qualquer um dos cinco ônibus espaciais construídos pela NASA. E mesmo a ejeção balística das cabines não existia nos projetos. Ambas as providências poderiam ter salvado os astronautas. As restrições de ordem financeira foram as razões para o não desenvolvimento de tais medidas essenciais para a segurança das tripulações.

Os dois desastres foram investigados por comissões de especialistas para se evitar a repetição dos mesmos erros no futuro. A chamada “Comissão Rogers” foi responsável pelo exame do desastre da Challenger e dela participou um físico estadunidense mundialmente conhecido, Richard Feynman. Feynman demonstrou com um simples experimento, típico dos que são realizados no Ensino Médio, qual teria sido a principal causa do desastre na decolagem: os anéis de vedação existentes nas carcaças dos foguetes eram feitos de uma espécie de borracha, os quais perderam completamente a elasticidade devido às baixíssimas temperaturas por ocasião do lançamento. Feynman, em entrevista na época, afirma peremptoriamente “*Não foi um acidente*”. A tragédia da Challenger poderia ter sido evitada se não tivessem sido desconsiderados os sinais indicativos de uma tragédia. Feynman aponta como causa disto as inconsistências na gerência da NASA na época. Estas afirmações estão na entrevista de Feynman em *CNN, Feynman and the Challenger disaster - YouTube*¹ e a experiência do anel de vedação de borracha está em *Richard Feynman - Space Shuttle Challenger Testimony - YouTube*².

A NASA aprendeu muitas lições com os acidentes ocorridos em seus projetos anteriores. Um exemplo pode ser visto no projeto Artemis, arquitetado para levar três astronautas (dois homens e uma mulher) à superfície da Lua até 2030. Os preparativos têm sido bem mais cuidadosos. O foguete a ser utilizado é maior do que o Saturno V, do projeto Apollo, e será construído por uma empresa privada, a SpaceX. O foguete, chamado Starship, é comparado, na figura, a outros foguetes anteriores. Ele foi testado no dia 20 de abril de 2023, sem a presença de tripulantes. Isto foi providencial, pois cerca de três minutos após o lançamento, o

1. <https://www.youtube.com/watch?v=4kpDg7MjHps>

2. <https://www.youtube.com/watch?v=MWZs8l2AMps>

foguete teve que ser destruído por causa de uma falha no procedimento. Os dados coletados neste teste serão utilizados para uma reavaliação do sistema e preparação de novo teste.



Fonte: BBC News Brasil

O livro do Prof. Marcos Neves termina com uma rica bibliografia e uma lista de páginas eletrônicas dedicadas às principais efemérides da exploração espacial e aos acidentes considerados em seu livro.

Concluindo, trata-se do trabalho de um verdadeiro apaixonado e entusiasta da exploração espacial. O Prof. Neves apresenta em seu livro, não só um esclarecimento técnico dos detalhes das tragédias da Challenger e do Columbia, mas, principalmente, uma justa homenagem a estes verdadeiros mártires da exploração espacial pela humanidade.

Domingos Savio de Lima Soares
(Outono de 2023)

INTRODUÇÃO

Morrer no espaço, ou na iminência de partir para ele ...

A morte no espaço sempre foi tratada, porém, em filmes de ficção científica, como podemos ver em *2001, uma Odisseia no Espaço* (figura 1a), *Planeta dos Macacos*, *Solaris*, *Alien*, *o 8º Passageiro* e mais recentemente, em *Interstellar*. No entanto, temos tido mortes humanas no espaço, ou na decolagem de naves desde 1967.

Figura 1 - *2001: A Space Odyssey*, 1968. Photograph: THE RONALD GRANT ARCHIVE.



Fonte: THE GUARDIAN, 2018.

Ao todo faleceram nessa empreitada da tecnologia humana:

- três astronautas da Apollo 1 quando, instalados na cabine do potente foguete SATURNO V, testavam, numa prova estática, a comunicação com a torre de comando. Porém, um curto-circuito na cabine gerou, na atmosfera interna hiperventilada de oxigênio, um incêndio que matou os três em menos de um minuto, consumidos pelos gases tóxicos e pelo inferno das chamas);

- o cosmonauta Komarov da Soyuz (após um descontrole de sua nave Soyuz durante a reentrada na atmosfera da Terra);

- três outros cosmonautas soviéticos da Soyuz 11 (cuja válvula de escape abriu durante o processo de reentrada na atmosfera após os tra-

balhos que eles haviam realizado na primeira estação espacial do mundo, a Salyut 1);

- os sete tripulantes do Ônibus espacial Challenger;
- os sete tripulantes do Columbia.

Outros três astronautas norte-americanos, tripulantes da Apollo 13 (figura 1b), quase pereceram à caminho da Lua, após a explosão de um motor no módulo de comando.

Figura 2 – Concepção artística e logo da missão Apollo 13 em dificuldades devido à explosão de um dos motores do módulo orbital.



Fonte: CAVALCANTE, 2020.

Além das fatalidades humanas tivemos a morte da cadela cosmonauta Laika e de um macaco que tinha sido catapultado ao espaço durante a vigência do Programa Mercury com um seu companheiro. Ambos sobreviveram ao trajeto espacial, mas ao se retirar os sensores biológicos de um deles, veio a óbito. Centenas e centenas de outros animais morreram em testes terrestres e/ou foram eutanasiados recentemente (NEWS18, 2020). No site da NASA, Tara Gray publicou um trabalho detalhado recenseando, tristemente, os animais que foram utilizados e sacrificados na longa corrida espacial (GRAY, 1998).

Não trataremos de todos os casos ocorridos nas décadas de 1960/70, que são bem conhecidos e documentados. Trataremos dos dois mega acidentes que vitimaram as tripulações dos ônibus espaciais Challenger e Columbia. São bem conhecidas as causas que conduziram aos desastres dessas naves espaciais espetaculares, numa descrição fria acerca das partes mecânicas e aerodinâmicas afetadas. Porém, pouco se fala sobre os

últimos instantes de vida das duas tripulações e como a morte cruel cobriu cada homem e cada mulher nos dois fatídicos voos.

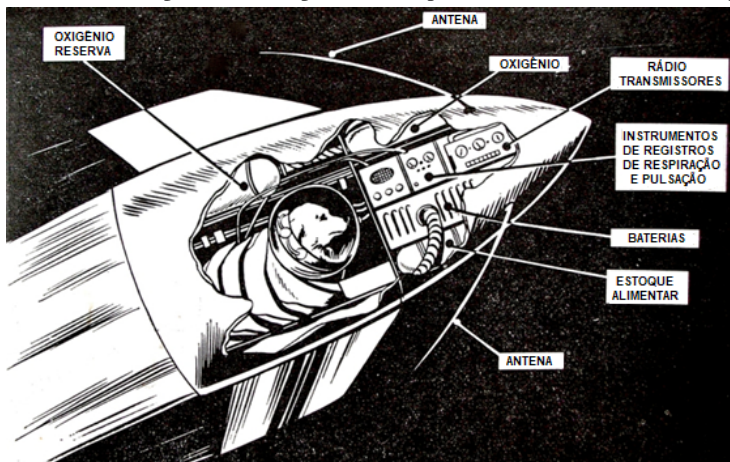
Para tal tarefa, basearemos nossa descrição a partir dos relatórios oficiais da NASA, disponíveis na internet, e ilustraremos estas catástrofes espaciais, valendo-nos de imagens que inundaram as redes após os acidentes e em concepções artísticas que, quando desconhecidas suas autorias, foram coletadas de imagens do *Pinterest* e do *Gettyimages*. Algumas alterações artísticas e releituras imagéticas foram feitas para detalhar aspectos importantes dos acidentes e da morte coletiva das duas tripulações.

Este pequeno livro não é um trabalho técnico no sentido de, ao menos, sintetizar as falhas estruturais das máquinas fenomenais que eram os ônibus espaciais: é um trabalho sobre os últimos minutos de quatorze seres humanos que expiraram suas vidas em meio à corrida espacial que se estende desde 1957 a partir do lançamento do satélite soviético Sputnik. O livro é repleto de fotos e ilustrações e muito pouco texto, porque decidi contar estas histórias em sua forma imagética e com pequenas legendas explicativas que complementam os pequenos textos que compõem a presente obra.

Da cadela Laika ao fatídico voo da Soyuz 11

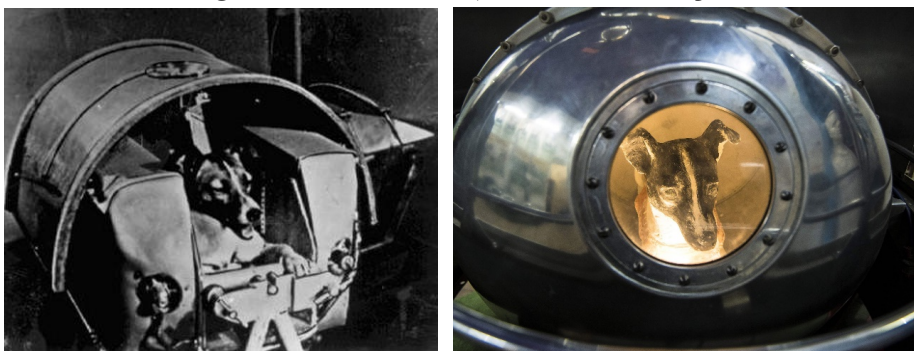
Em 1957 os soviéticos, à frente na corrida nuclear (por terem sido pioneiros na invenção da bomba H - de hidrogênio - baseada na fusão nuclear) e espacial (pelo lançamento e funcionamento operacional do primeiro satélite artificial, o Sputnik), surpreenderam novamente o mundo, ao colocarem em órbita ao redor da Terra um primeiro ser vivo, a cadela Laika (figuras 2a, 2b, 2c).

Figura 2a – Concepção do cockpit da nave que levou a cadela Laika ao espaço.



Fonte: BEACHAM, 2023.

Figura 2b – a cadela Laika já dentro de seu cockpit.



Fonte: THECULTURETRIP, 2023; INDENPEDENT, 2023.

Figura 2c - Exposição de trajes espaciais numa fábrica russa que os produziu desde a década de 1969 em Tomilino, Russia.



Fonte: STREAMS; KIMBER, 2023.

Infelizmente, a cadela Laika não sobreviveria ao difícil processo de reentrada na atmosfera e pouso terrestre. Foi incinerada no espaço quando sua nave foi destroçada pelo descomunal atrito na atmosfera e por uma cápsula ainda em teste (pré Soyuz).

Apesar disso, o voo de Laika foi considerado um sucesso. Após inúmeros outros testes com animais e naves automáticas (sem tripulação), os soviéticos novamente conseguiram enviar com sucesso o cosmonauta Yuri Gágarin, ao espaço, numa órbita da Terra.

Apesar de todos os sucessos (primeiro passeio espacial, com Leonov; primeira mulher no espaço, Valentina Tereschkova), a URSS choraria, em 24 de abril de 1967, a morte de um de seus mais devotados cosmonautas, Vladmir Komarov (figura 3) que não sobreviveu à reentrada de sua Soyuz 1, e cujos destroços (figura 3), demonstram o impacto catastrófico da nave com o solo, quando, na reentrada na atmosfera, o paraquedas principal de freio da cápsula não abriu e a nave se espatifou

e explodiu no solo. Uma aterrissagem incompatível com a sobrevivência humana¹.

Figura 3 – Cosmonauta Vladimir Komarov (e com Yuri Gágarin na foto no alto, à direita) e sua cápsula destruída em Terra.



Fonte: Созвездие звёзд, 2017.

O acidente fatal com o cosmonauta Vladimir Komarov foi antecedido poucos meses antes, em 27 de janeiro de 1967, pelo acidente, em terra, que matou três astronautas norte-americanos (treinados pelos Projetos Mercury e Gemini): Gus Grissom, Ed White e Roger B. Chaffee. Essa história está muito bem documentada até em filmes hollywoodianos, especialmente no recente *FIRST MAN* (“O Primeiro Homem”). Diferente da morte de Komarov, os três astronautas norte-americanos morreram num teste estático (quando testavam a instrumentação de comunicação entre módulo e torre de controle) na base de lançamento, quando um curto-circuito causou a explosão da atmosfera da cabine hiper saturada de oxigênio. As figuras 4a, 4b, 4c, 4d e 4e demonstram, tristemente, o inferno vivido por aqueles três homens, que quase pôs fim ao Projeto Apollo, o qual, dois anos depois, colocaria dois homens pousando na

1. Necessário visualizar a imagem da Soyuz 1 de Komarov destruída no solo para intuir sobre o que as equipes de resgate encontraram de destroços das cabines de comando dos ônibus espaciais Challenger e Columbia.

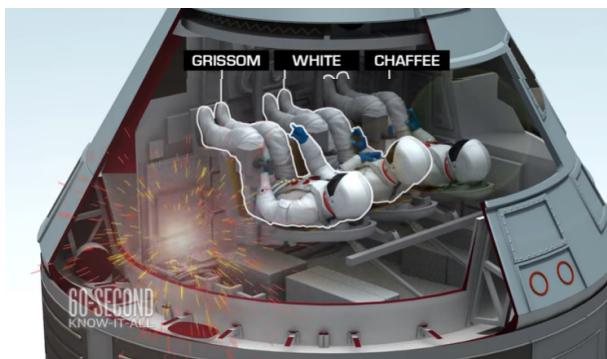
superfície da Lua (Neil Armstrong e Edwin Buzz Aldrin) e um em órbita de nosso satélite natural (Collins).

Figura 4a - Gus Grissom, Ed White e Roger B. Chaffee, em foto publicitária e no interior da cápsula da Apollo 1, poucos minutos antes do trágico incidente.



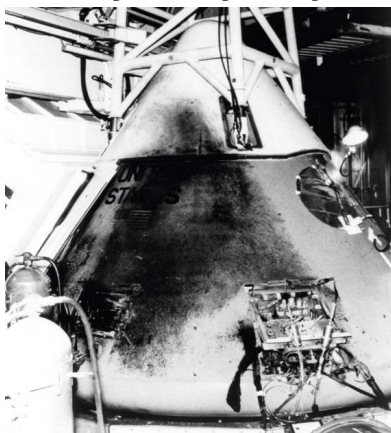
Fonte: PATHÉ, 2014.

Figura 4b – Ilustração do exato instante do curto-circuito sob o assento de Gus Grissom.



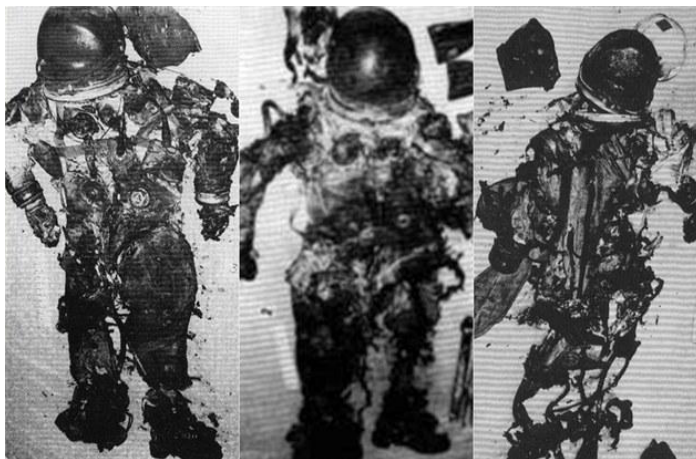
Fonte: CLEVELAND, 2023.

Figura 4c – A cápsula da Apollo 1 após o incêndio.



Fonte: SUPER, 2023.

Figura 4d – Os trajes espaciais dos três astronautas da Apollo 1 (na sequência: Chaffee, White, Grissom), após o incêndio da cápsula (notar que Grissom foi o mais atingido pelas chamas porque o curto circuito iniciou sob seu assento).



Fonte: QUORA, 2023.

Figura 4e – Trajes espaciais em Mostra que pertenceram aos três astronautas que pereceram no acidente da Apollo 1: Gus Grissom, Ed White e Roger B. Chaffee.



Fonte: GETTYIMAGES, 2023.

Quatro anos após a morte de três astronautas e um cosmonauta, a tragédia se abate novamente sobre três cosmonautas soviéticos: Dobrovolski, Volkov e Patsayev (figuras 5a e 5b), que trabalharam na primeira estação espacial do mundo, a Salyut 1. O incidente fatal não ocorreu na órbita da estação, mas na reentrada da nave Soyuz 11 em direção à Terra. No wikipedia, podemos encontrar o relato do acidente fatal:

No dia 29 de junho de 1971, após uma reentrada aparentemente normal, a equipe de resgate descobriu que a tripulação havia falecido.

Kerim Kerimov, presidente da Comissão Estatal, lembrou: “Externamente, não havia qualquer dano. Bateram no lado, mas não houve resposta. Ao abrirem a escotilha, encontraram os três em seus assentos, imóveis, com marcas azul escuras em seus rostos e traços de sangue em seus narizes e ouvidos. Foram removidos do módulo de descida. Dobrovolski ainda estava quente [figura 5c]. Os médicos realizaram respiração artificial. Baseado em seus relatos, a causa da morte foi [por] sufocação.

Logo tornou-se aparente que eles haviam sido asfixiados. A culpa foi de uma válvula de ventilação localizada entre o módulo de habitação e o de descida, que havia sido aberto quando o módulo de descida se separou do de serviço, aos 12 minutos e 3 segundos após a retro ignição. Os dois módulos eram segurados por parafusos explosivos projetados para um disparo sequencial, mas dispararam simultaneamente. A força da explosão simultânea fez com que um mecanismo interno da válvula de equalização soltasse um lacre que geralmente seria descartado mais tarde, o que permitiria o equilíbrio automático da pressão da cabine. A válvula abriu numa altitude de 168 quilômetros e a perda de pressão foi fatal em segundos. A válvula estava localizada em baixo dos assentos e foi impossível encontrá-la e bloqueá-la antes da perda da atmosfera. O gravador de dados vitais de um único cosmonauta usando os sensores indicou que a parada cardíaca ocorreu em 40 segundos após a perda de pressão. Aos 15 minutos e 35 segundos após a retro ignição, a pressão da cabine estava zerada e continuou assim até a reentrada na atmosfera da Terra. O corpo do Patsayev foi encontrado perto da válvula e ele pode ter tentado fechá-la ou bloqueá-la quando perdeu a consciência. Uma extensa investigação foi realizada para estudar todos os componentes e sistemas da Soyuz 11 que poderia ter causado o acidente, apesar dos médicos rapidamente concluírem que os cosmonautas haviam morrido por asfixia.

As autópsias foram realizadas no Hospital Militar de Burdenko e foi descoberto que a causa específica da morte foi a hemorragia dos vasos sanguíneos no cérebro e com menores quantidades de sangue na pele, no ouvido interno e cavidade nasal, que ocorreu quando a exposição ao vácuo fez com que o oxigênio

e nitrogênio nas correntes sanguíneas borbulhassem e rompessem os vasos. Também foi descoberto que o sangue deles possui uma grande concentração de ácido láctico, um sinal de extremo estresse psicológico. Apesar deles poderem ter ficado conscientes por até 40 segundos após o início da descompressão, menos de 20 segundos teriam se passado antes dos efeitos da falta de oxigênio tornasse impossível qualquer reação.

Alexei Leonov, o comandante original da Soyuz 11, havia aconselhado aos cosmonautas antes do voo que eles deviam fechar manualmente as válvulas entre o módulo de habitação e de descida, já que ele não confiava que eles fechassem de forma automática - um procedimento que ele pensou após passar muito tempo no simulador. Entretanto, os tripulantes ou escolheram ignorar esses avisos ou esqueceram no decorrer da longa missão. Após o voo, Leonov voltou ao simulador e tentou fechar uma das válvulas manualmente, descobrindo que é algo que necessita de quase um minuto - tempo demais numa situação de emergência onde a atmosfera da nave está escapando de forma rápida. (WIKI 1, 2023)

Fig. 5a - Os cosmonautas soviéticos da Soyuz 11: Dobrovolski, Volkov e Patsayev.



Fonte: BUSINNESINSIDER, 2022

Em outro relato, lemos:

A depressurização fatal da cabine ocorreu quando uma “válvula de ventilação respiratória” localizada no anel de interface entre o módulo orbital e o módulo de descida abriu inadvertidamente durante o caminho descendente do veículo de descida... cartuchos disparados simultaneamente em vez de sequencialmente para separar os dois módulos. A força da descarga

fez com que o mecanismo interno da válvula de equalização de pressão liberasse uma vedação que geralmente era descartada pirotécnicamente muito mais tarde para ajustar a pressão da cabine automaticamente. Quando a válvula abriu a uma altura de 168 quilômetros, a perda gradual, mas constante, de pressão foi fatal para a tripulação em cerca de 30 segundos. Por 935 segundos após o retrofire, a pressão da cabine caiu para zero e permaneceu lá até 1.640 segundos, quando a pressão começou a aumentar à medida que a nave entrava nos limites superiores da atmosfera.

Figura 5b – capa da Revista TIME com os três cosmonautas mortos na reentrada da Soyuz 11.



Fonte: RELACLEARSCIENCE, 2023; SPACECENTRE, 2023.

Figura 5c – Fotos do resgate e tentativa de ressuscitação dos três cosmonautas soviéticos da Soyuz 11.



Fonte: SILVA, 2023.

Quando a equipe de terra abriu a cápsula encontrou a cabine em silêncio e os cosmonautas com manchas roxas nos rostos. Tentaram massagens cardíacas e respiração boca-a-boca (figura 5c), mas a apóxia havia matado a todos. O governo soviético os velou no Kremlin (figura 5d) e os enterrou como heróis da Pátria.

Figura 5d – Funeral dos três cosmonautas da Soyuz 11.



Fonte: ASTRONOMY, 2021.

Morte na decolagem: o acidente da Challenger

Nenhum outro astronauta ou cosmonauta morreria, após o acidente da Soyuz 11, pelos 15 anos seguintes, quando outro desastre, ainda mais trágico, ceifaria a vida de sete astronautas (figuras 6) do ônibus espacial Challenger no momento de sua decolagem (figuras 7 e 8).

Lemos no Wikipedia:

O desastre do Ônibus Espacial *Challenger* foi um acidente fatal no programa espacial dos Estados Unidos que ocorreu em 28 de janeiro de 1986, quando o ônibus espacial *Challenger* (OV-099) se partiu 73 segundos em seu voo, matando todos os sete tripulantes a bordo; foi o primeiro acidente fatal envolvendo uma espaçonave estadunidense em voo. A missão carregou a designação STS-51-L e foi o décimo voo para o orbitador *Challenger* e vigésimo quinto voo da frota de ônibus espaciais. A tripulação estava programada para implantar um satélite de comunicações e estudar o Cometa Halley enquanto estivessem em órbita. A espaçonave desintegrou-se sobre o Oceano Atlântico, na costa do Cabo Canaveral, Flórida, às 11h39 EST (16h39 UTC).

O desastre foi causado pela falha dos dois O-rings [v. *Figura 7, n.d.a.*] redundantes em uma junta no propulsor de foguete sólido direito do ônibus espacial (SRB). As baixas temperaturas recorde do lançamento reduziram a elasticidade dos O-rings de borracha, reduzindo sua capacidade de vedação das juntas. Os selos quebrados causaram uma brecha na junta logo após a decolagem, o que permitiu que o gás pressurizado de dentro do SRB vazasse e queimasse através da parede até o tanque de combustível externo adjacente. Isso levou à separação do anexo de popa do SRB do lado direito, o que fez com que ele colidisse com o tanque externo, o que causou uma falha estrutural do tanque externo e uma explosão. Após a explosão, o orbitador, que incluía o compartimento da tripulação, foi quebrado por forças aerodinâmicas. (WIKI 2, 2023).

Figura 6 – Os astronautas da Challenger (missão STS-51L): na parte inferior, da esquerda para a direita - Michael J. Smith, Francis R. “Dick” Scobee, Ronald . McNair; na parte superior, da esquerda para a direita – Ellison S. Onizuka, Christa McAuliffe, Gregory B. Jarvis e Judith A. Resnick.



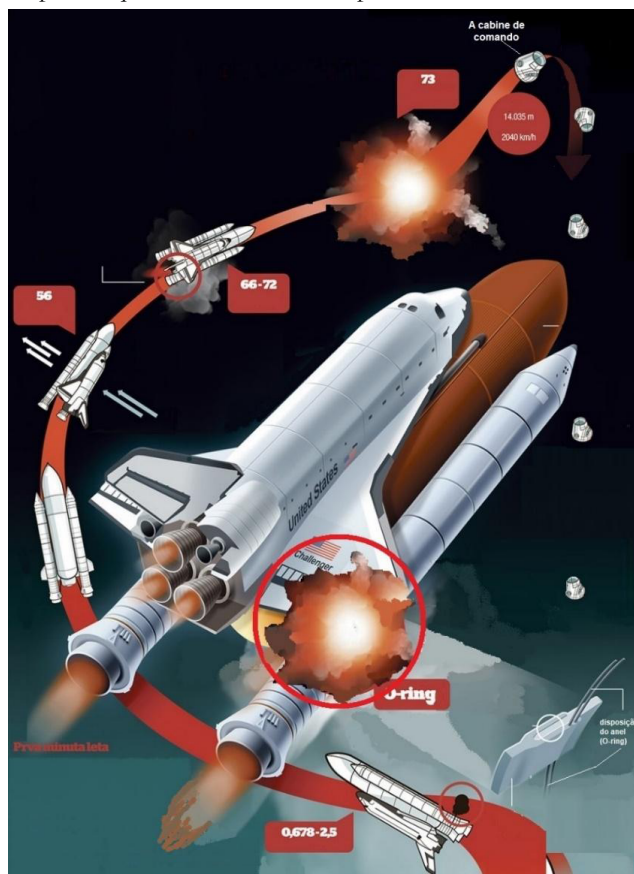
Fonte: NASA, 2023.

Figura 7 – Nessa sequenciação de fotos, o desastre da Challenger da decolagem à explosão fatal.



Fonte: HINDES, 2023.

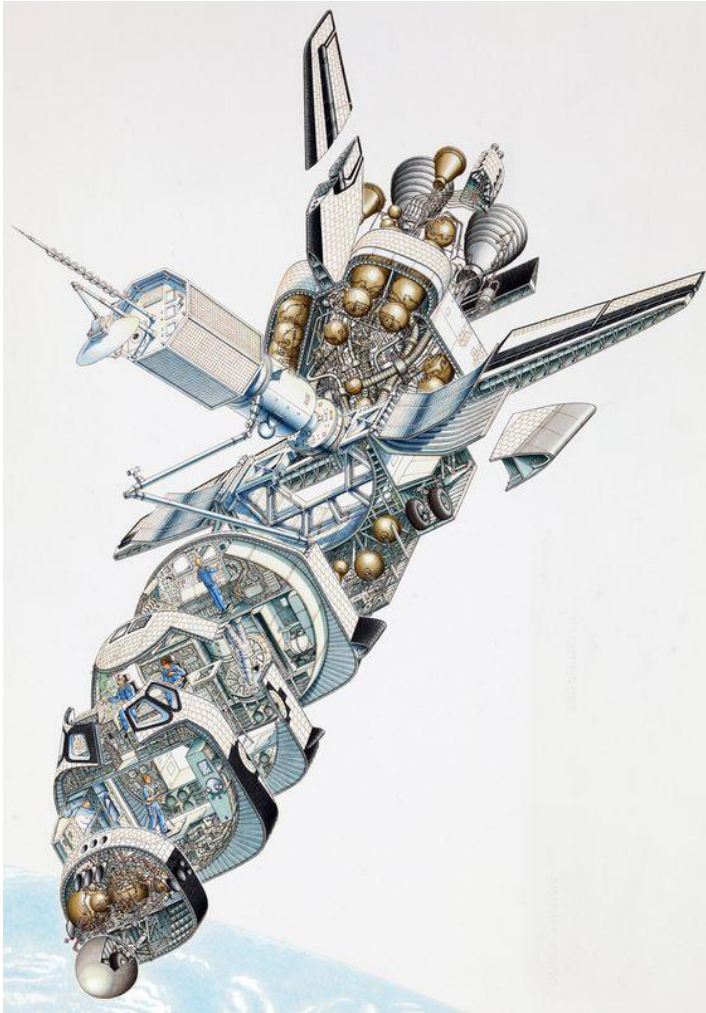
Figura 8 – Concepção artística do evento de escape de um plasma da propulsão do foguete de combustível sólido que vaza pelo O-ring (anel de borracha em forma de “O”). Notar, na ilustração, a queda da cápsula de comando que escapou incólume após a explosão que destruiu todo o corpo da aeronave e suas asas.



Fonte: VISUAL, 2023.

O ônibus espacial (Space Shuttle) talvez seja a mais complexa máquina já concebida pelo ser humano para órbitas baixas, assim como seu homólogo soviético, o BURAN. A complexidade dessa máquina pode ser compreendida no esquema fatiado da nave apresentado na figura 9.

Figura 9 – Anatomia de um ônibus espacial.



Fonte: NASA, 2023.

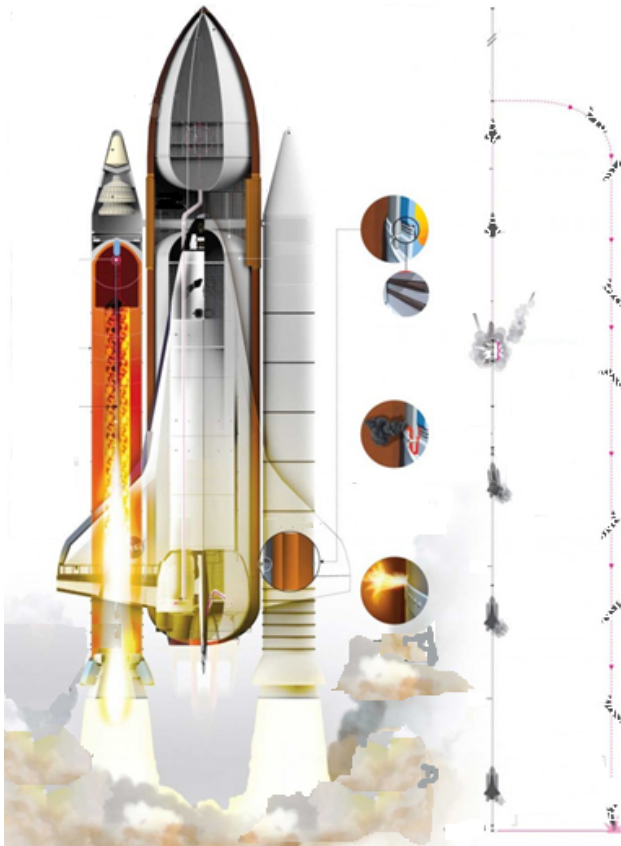
Em apenas 73 segundos após a decolagem (figura 10a), os astronautas começariam a viver um inferno que traria suas vidas em menos de três minutos, entre a explosão do tanque principal (o de cor laranja) e o impacto da cabine de comando (cockpit) na superfície do mar (foi essa colisão, a mais de 400 km/h, que matou os sete tripulantes – lembrem-se, prezados leitores, da fotografia da nave de Vladimir Komarov ao se espantificar contra o solo). As figuras de 10b a 10s ilustram de forma detalhada as várias sequências do curto voo e de sua desintegração sobre o mar até a colisão fatal do cockpit com os sete tripulantes – ainda vivos! - sobre a superfície do oceano.

Figura 10a – Concepção artística da decolagem da Challenger.



Fonte: PINTEREST, 2023.

Figura 10b – A sequência esquemática da decolagem até a explosão e queda dos destroços.



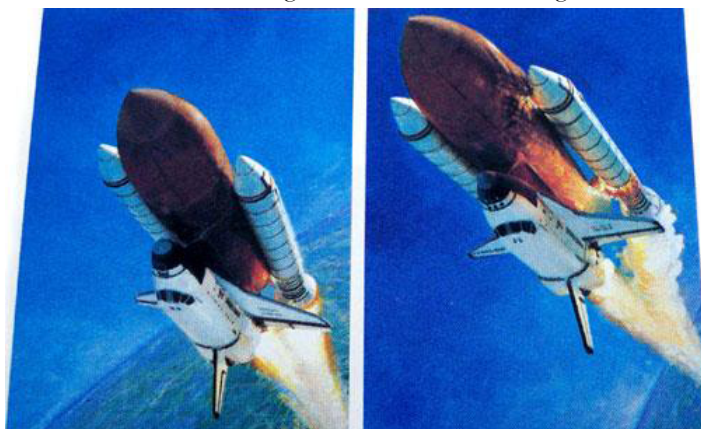
Fonte: PINTEREST, 2023 (com alteração do autor).

Figura 10c – A sequência esquemática da decolagem até a explosão e queda dos destroços.



Fonte: SCRIBD, 2020.

Figura 10d – Concepção artística da decolagem e o início do problema do escape de chamas no O-ring do booster à direita na figura.



Fonte: BERKEY, 2023.

Figura 10e – Concepção artística mostrando a desintegração do conjunto da Challenger (aeronave, boosters, tanque externo).



Fonte: BERKEY, 2023.

Figura 10f – Cockpit da Challenger desconecta-se do corpo da aeronave após a destruição de toda a estrutura: foguetes, asas, depósito de carga, tanque de combustível principal.



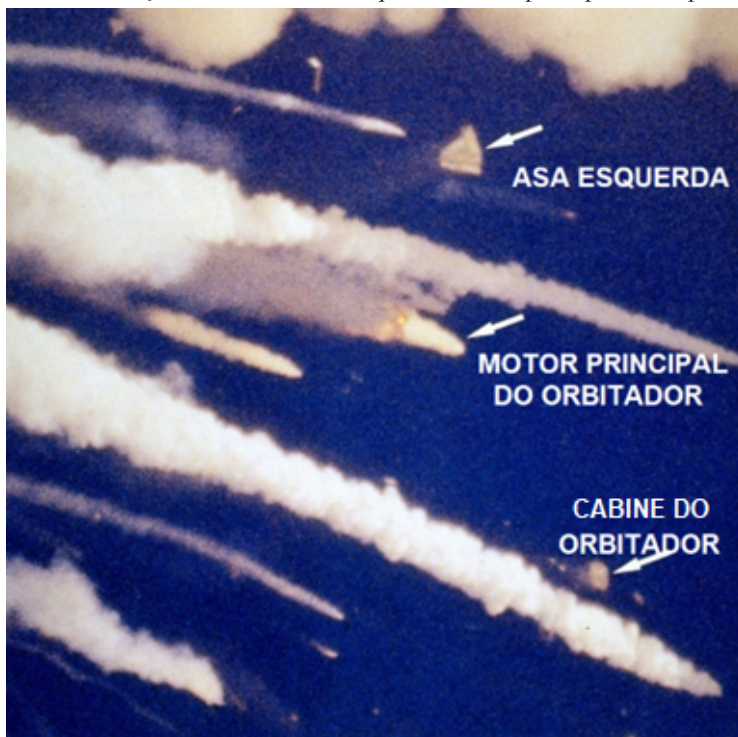
Fonte: do autor (alterada a partir de BERKEY, 2023).

Figura 10g – Cenário imaginado do processo destrutivo da Challenger.



Fonte: GETTYIMAGES (com alteração do autor).

Figura 10h – Os destroços assinalados: asa esquerda, motor principal e cockpit do orbitador.



Fonte: NBCNEWS, 1986.

Figura 10i – O cockpit do orbitador claramente visível entre a fumaça da combustão do tanque externo e dos boosters. A cabine permanece íntegra durante a subida explosiva até cair num voo parabólico fatal em menos de 3 minutos em direção à superfície do mar. Os sete astronautas estavam vivos até o momento do impacto.



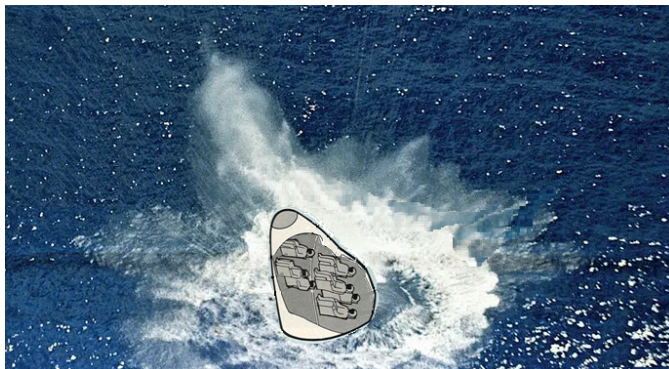
Fontes: PINTEREST, 2023; STACKEXCHANGE, 2023.

Figura 10j – Concepção do impacto do cockpit da Challenger contra a superfície do oceano. Os destroços afundaram em seguida.



Fonte: com elaboração artística do autor a partir de fotos de *splashdown* do PINTEREST, 2023.

Figura 10k – Concepção do choque da cápsula com a superfície do oceano mostrando a posição dos astronautas no interior da cabine.



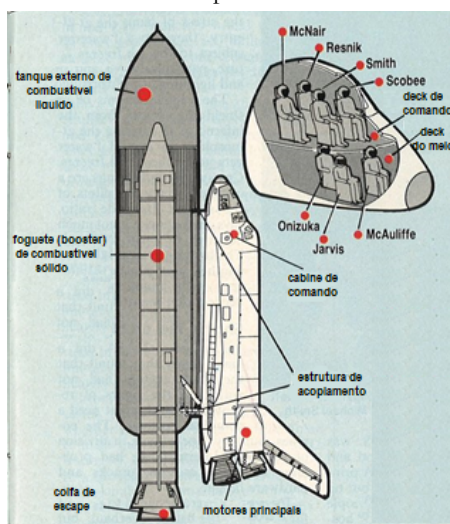
Fonte: com elaboração artística do autor a partir de NORTHROPGRUMMAN, 2023.

Figura 10l – Para comparação: a Soyuz 1 de Komarov antes e depois da descida catastrófica, para dar ideia de como deve ter ficado a cabine da Challenger no fundo do mar após o impacto com a superfície do oceano.



Fonte: PINTEREST, 2023.

Figura 10m – O esquema da Challenger e da disposição de cada um dos tripulantes nos decks superior e inferior.



Fonte: PINTEREST, 2023.

Figura 10n - Na foto acima, da esquerda para a direita: Smith, Onizuka, Resnik e Scobee. Na foto abaixo: Morgan¹ (que seria a substituta de McAuliffe) em pé, McAuliffe, Jarvis, McNair.



Fonte: CBSNEWS, 1986.

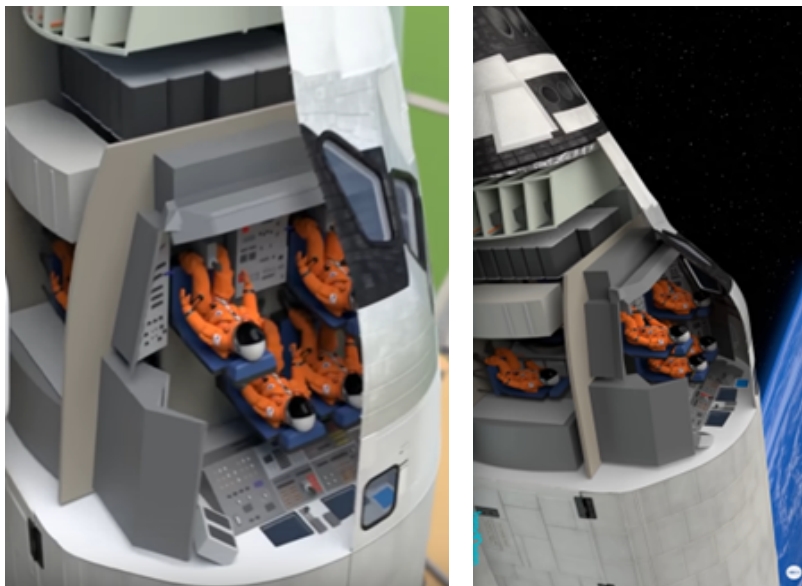
1. Morgan, que também era professora como McAuliffe, deixaria a NASA após o acidente com a Challenger, mas depois reentrou no Programa de Treinamento e fez seu voo, como operadora do braço robótico do ônibus espacial, em 2007.

Figura 10o - Foto do deck inferior (middeck) com os três astronautas, agora sem a presença da suplente da astronauta McAuliffe (a astronauta Morgan, que depois decolaria em outra missão num outro ônibus espacial).



Fonte: do autor.

Figura 10p – A posição dos astronautas no cockpit do orbitador.



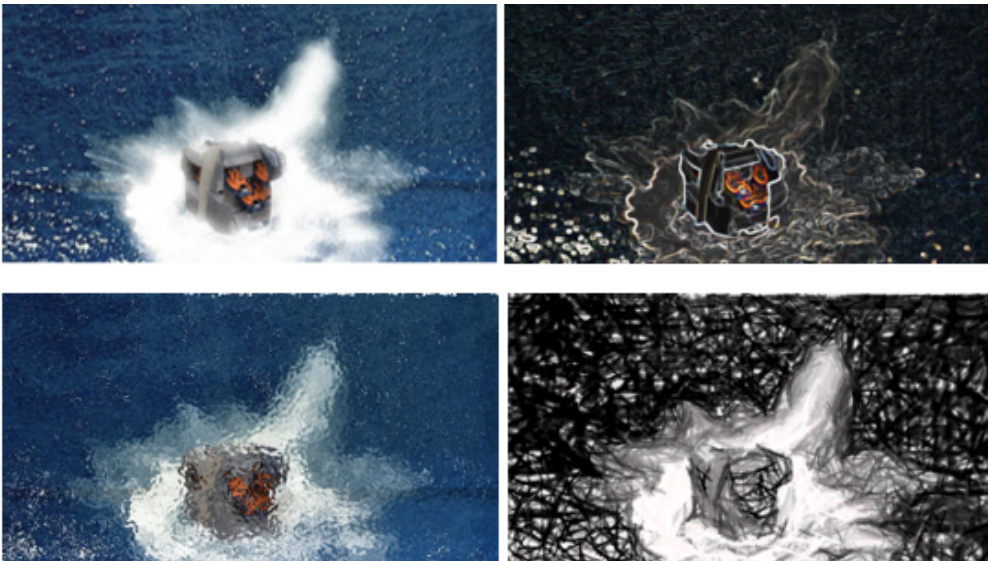
Fonte: OREN, 2023.

Figura 10q - Cenário imaginário da ruptura do cockpit com o corpo do orbitador.



Fonte: adaptado do filme “The girl who fell from the sky” – BROOKS, 2020.

Figura 10r - Sequência imaginada do impacto da cabine (cockpit) contra a superfície do oceano e de suas consequências desastrosas: impacto em si, esmagamento, alagamento, submersão.



Fonte: do autor.

Figura 10s - Mergulhadores e destroços de cabine. Aqui foram usados os destroços da Soyuz 1, que vitimou o cosmonauta Komarov, para dar uma ideia de como o cockpit da Challenger deve ter-se apresentado aos mergulhadores.



Fonte: do autor.

O texto que segue foi retirado das conclusões do famoso Relatório ROGERS, que tinha em sua equipe de investigação o Prêmio Nobel Richard Feynman (figura 11), quem descobre a fragmentação da borracha do O-ring devido ao frio extremo que se abateu sobre o local da decolagem durante dias seguidos, e o astronauta Neil Armstrong, além de outros experts em voos espaciais e Astronáutica (p. 76 em diante do *Report* – figura 12).

Figura 11 - Richard Feynman demonstra, durante uma das sessões da Comissão Rogers, mediante um simples experimento, as consequências do frio sobre a borracha de um O-ring.



Fonte: DOBRA ESPACIAL, 2022.

Figura 12 – *Report* oficial com as investigações do acidente da Challenger.



Fonte: NASA, 1986.

Sobre a sobrevivência da tripulação após a explosão a 73 segundos do lançamento até a cabine de comando atingir a superfície do oceano

A pergunta dos especialistas era: “Foi possível sobreviver ao acidente do STS 51-L em 28 de janeiro de 1986?”

Respostas:

No caso da trágica perda do Ônibus Espacial Challenger e sua tripulação em 28 de janeiro de 1986, o Comitê está convencido de que o acidente não teria sobrevivente.

Discussão:

Durante os primeiros dois minutos e oito segundos do voo do Shuttle, os dois foguetes de combustível sólido (boosters) forneceram aproximadamente três milhões de libras de empuxo. Esse impulso é transferido para o tanque externo (o maior, de cor alaranjada) através da estrutura de fixação dianteira dos Boosters/Tanque Externo. O impulso é então transferido para o Orbitador (corpo da nave – ônibus espacial).

Embora a NASA tenha estabelecido uma “sequência de separação rápida” para permitir que o Orbitador se separasse do Tanque Externo e dos Propulsores de Foguete Sólidos, a análise de engenharia indica que, se a separação fosse tentada [precocemente] enquanto os foguetes (boosters) ainda estivessem em ignição, portanto, de forma repentina, antes de atingir a altitude pré-estabelecida, haveria uma manobra violenta, o que excederia em muito as cargas aerodinâmicas máximas no Orbitador com falha estrutural resultante e perda do ônibus e de toda sua tripulação.

Durante as audiências perante o Comitê sobre o acidente, a questão da sobrevivência foi frequentemente levantada. O Comitê aceitou a opinião do Capitão Robert L. Crippen, que formou a Comissão Rogers. Diz ele:

Eu já disse isso antes publicamente, e vou dizer de novo, eu não acho que existia um sistema de fuga que pudesse ter salvo a tripulação do incidente particular que acabamos de investigar. Eu não acho que seria possível construir um sistema assim [de salvamento].

Especificamente, o Comitê considera que o Sistema de Ônibus Espacial não foi projetado para sobreviver a uma falha dos boosters durante os primeiros 2 minutos de voo; isto é, até que todo o combustível sólido tivesse se exaurido. A Challenger não estava equipada com nenhum meio de separação durante os dois primeiros minutos de voo. Além disso, a tripulação não tinha qualquer meio de escapar do cockpit do Orbitador durante esta subida de primeiro estágio.

Nem a Equipe de Controle da Missão nem a tripulação do 51-L tiveram qualquer aviso de desastre iminente. Mesmo que houvesse um aviso, não haveria ações que pudessem ter sido tomadas para salvar a tripulação.

Joseph P. Kenvin do Johnson Space Center da NASA resumiu as circunstâncias em um memorando endereçado ao contra-almirante Richard H. Truly, Administrador Associado para Voos Espaciais. O memorando diz:

CARO ALMIRANTE,

A busca pelos destroços da cabine da tripulação do Challenger foi concluída. Uma equipe de engenheiros e cientistas analisou os destroços e todas as outras evidências disponíveis na tentativa de determinar a causa da morte da tripulação da Challenger. Esta carta é para relatar a você os resultados desse esforço. Os resultados são inconclusivos. O impacto do compartimento da tripulação com a superfície do oceano foi tão violento que as evidências de danos ocorridos nos segundos que se seguiram à explosão foram mascaradas. Nossas conclusões finais são: a causa da morte dos astronautas da Challenger não pode ser determinada positivamente; **as forças às quais a tripulação foi exposta durante a separação do cockpit provavelmente não foram suficientes para causar morte ou ferimentos graves;** e a tripulação possivelmente, mas não com certeza, perdeu a consciência nos segundos após o rompimento do Orbitador de-

vido à perda de pressão do módulo da tripulação durante o voo. Nossas inspeções e análises revelaram certos fatos que apoiam as conclusões acima, e estes estão assim relacionados: as forças no cockpit do Orbitador no momento de seu rompimento [após a explosão do tanque principal] eram provavelmente muito baixas para causar morte ou ferimentos graves à tripulação, mas foram suficientes para separar o compartimento da tripulação da fuselagem lateral, compartimento de carga, cone do nariz e compartimento de controle de reação frontal. As forças aplicadas ao Orbitador para causar tal destruição claramente excederam seus limites de projeto. Os dados disponíveis para estimar a magnitude e a direção dessas forças incluíam fotografias do solo e medições de acelerômetros a bordo, que foram perdidos dois décimos de segundo após a quebra do veículo.

Duas avaliações independentes desses dados produziram estimativas muito semelhantes. O maior pulso de aceleração ocorreu quando a fuselagem dianteira do Orbitador se separou e foi rapidamente empurrada para longe do tanque externo. Em seguida, ele se inclinou, com o nariz para baixo e foi desacelerado rapidamente por forças aerodinâmicas. Existem incertezas em nossa análise; a ruptura real não é visível nas fotografias porque o Orbitador estava escondido pela nuvem gasosa que cercava o tanque externo. **A faixa de acelerações máximas mais prováveis é de 12 a 20 G's no eixo vertical. Essas acelerações foram bastante breves. Em dois segundos, eles estavam abaixo de quatro G's; em menos de dez segundos, o compartimento da tripulação estava essencialmente em queda livre. A análise médica indica que é possível sobreviver a essas acelerações e que a probabilidade de ferimentos graves aos membros da tripulação é baixa.** Após o rompimento do veículo, o compartimento da tripulação continuou sua trajetória ascendente, chegando a uma altitude de 65.000 pés (próximo de 20.000 metros) aproximadamente 25 segundos após o rompimento. Em seguida, desceu atingindo a superfície do oceano cerca de dois minutos e quarenta e cinco segundos depois de quebrar a uma velocidade de cerca de 207 milhas por hora (quase 340 km/h). As forças impostas por esse impacto aproximaram-se de 200 G's, muito além dos limites estruturais do compartimento da tripulação ou dos níveis de sobrevivência da tripulação. A separação do compartimento da tripulação privou a tripulação do oxigênio fornecido

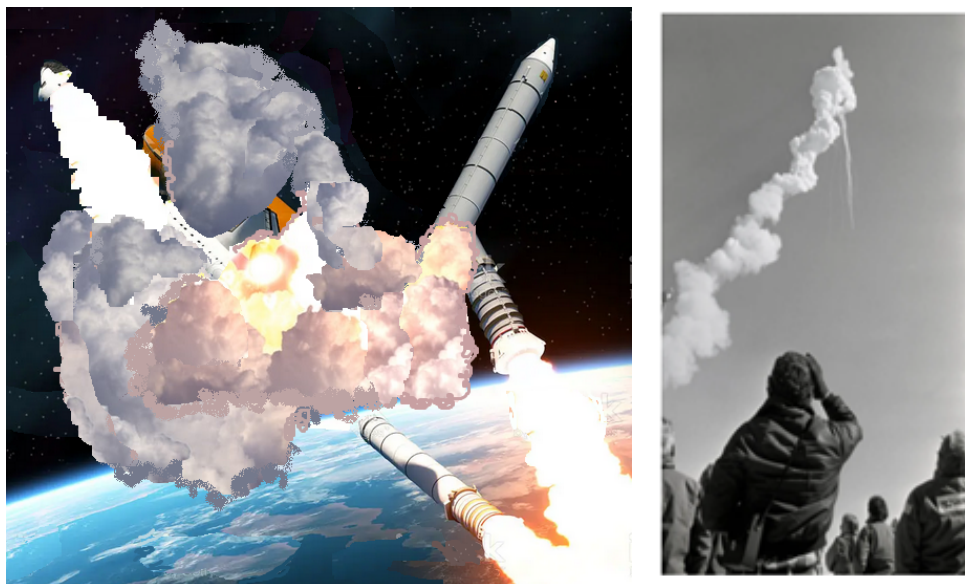
pelo cockpit do Orbitador, exceto por alguns segundos de suprimentos. *[grifos nossos]*

O capacete de cada membro da tripulação também foi conectado a um pacote de ar de saída pessoal (PEAP) contendo um suprimento de emergência de ar respirável (não oxigênio) para emergências na decolagem, que deve ser ativado manualmente para estar disponível. **Quatro PEAPs foram recuperados e há evidências de que três foram ativados.** O PEAP não ativado foi identificado como sendo do Comandante, um outro com o do Piloto, e os demais não puderam ser associados a nenhum tripulante. As evidências indicam que os PEAPs não foram ativados devido ao impacto da água. É possível, mas não certo, que a tripulação tenha perdido a consciência devido a uma perda de pressão do módulo da tripulação durante o voo. Os dados para apoiar isso são: o acidente aconteceu a 48.000 pés e a cabine da tripulação ficou nessa altitude ou mais por quase um minuto. Naquela altitude, sem suprimento de oxigênio, a perda de pressão da cabine teria causado uma rápida perda de consciência e não teria sido recuperada antes do impacto na água. A ativação do PEAP pode ter sido uma resposta instintiva à perda inesperada de pressão na cabine. Se um vazamento se desenvolvesse no compartimento da tripulação como resultado de dano estrutural durante ou após a separação (mesmo se o PEAP tivesse sido ativado), o ar respirável disponível não teria evitado a rápida perda de consciência. Os assentos da tripulação e os cintos de segurança mostraram padrões de falha, o que demonstra que todos os assentos estavam no lugar e ocupados no impacto da água com todos os cintos travados. Este provavelmente seria o caso se tivesse ocorrido uma rápida perda de consciência, mas isso não pode se constituir como prova. Muito do nosso esforço foi gasto tentando determinar se ocorreu uma perda de pressão na cabine. Examinamos os destroços cuidadosamente, incluindo os pontos de fixação do módulo da tripulação à fuselagem, os assentos da tripulação, o invólucro de pressão, a cabine de comando e os pisos do convés intermediário e passagens para conexões elétricas e hidráulicas. *[grifos nossos]*

As janelas foram examinadas e os fragmentos de vidro analisados química e microscopicamente. Alguns equipamentos guardados em armários apresentaram danos que podem ter ocorrido devido à compressão; descompactamos experimentalmente itens similares sem resultados

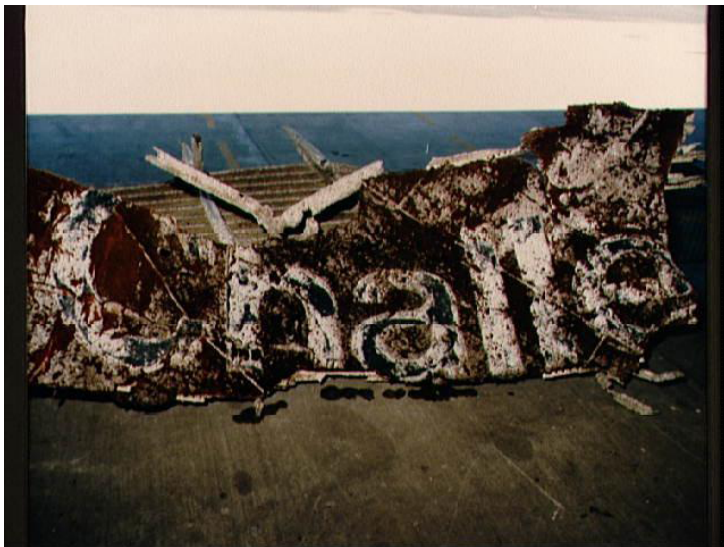
conclusivos. Os danos causados pelo impacto nas janelas foram tão extremos que não foi possível determinar a presença ou ausência de quebra durante o voo. As forças de desintegração estimadas não teriam por si mesmas quebrado as janelas. Uma janela quebrada devido a detritos voadores continua sendo uma possibilidade; havia um pedaço de entulho embutido na moldura entre duas das janelas dianteiras. Não foi possível identificar positivamente a origem dos detritos ou estabelecer se o evento ocorreu durante o voo ou no impacto com a água. A mesma afirmação é verdadeira para a outra estrutura do compartimento da tripulação. Os danos do impacto foram tão graves que nenhuma evidência positiva a favor ou contra a perda de pressão em voo foi encontrada. Finalmente, os esforços qualificados e dedicados da equipe do Instituto de Patologia das Forças Armadas e seus consultores especializados não puderam determinar se houve falta de oxigênio durante o voo, nem determinar a causa das mortes. (figuras 13 a 16).

Figura 13 – Concepção artística da explosão da Challenger. b. A trágica trajetória da espaçonave Challenger: farewell.



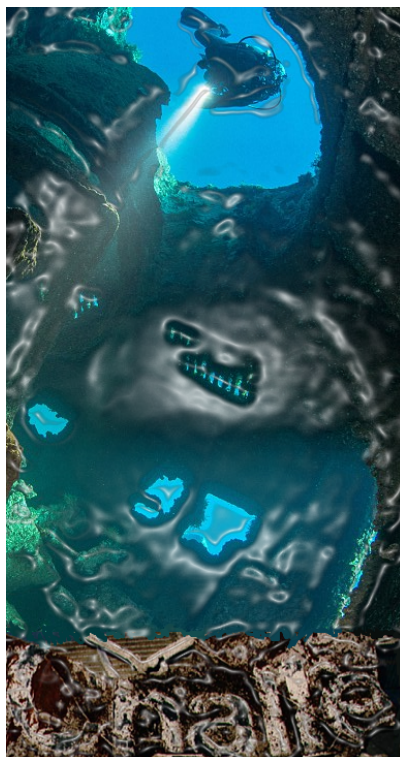
Fontes: AMERICASPACE, 2020; ALLTHATINTERESTING, 2023; SPECTRUM, 2023; GETTYIMAGES (com alteração do autor).

Figura 14 – O destroço como testemunha: o nome da Challenger sobreviveu parcialmente ao processo catastrófico.



Fontes: AMERICASPACE, 2020; ALLTHATINTERESTING, 2023; SPECTRUM, 2023.

Figura 15 – Cenário imaginário do encontro dos destroços com a inscrição do nome da Challenger no fundo do oceano.



Fonte: do autor.

Figura 16 - Descobertos no fundo do mar, em 2022, destroços da Challenger relativas à parte inferior da nave, com os ladrilhos cerâmicos ainda presos ao que restou da fuselagem.



Fonte: WITHCOMB, 2022.

A conclusão mais importante do Relatório Rogers é a quase afirmação de que as mortes não ocorreram no momento do evento explosivo catastrófico, mas da violenta colisão da cabine dos tripulantes com a superfície do mar, uma vez que foram encontrados ao menos quatro frascos de oxigênio com nível baixo, numa clara evidência de que foram acionados manualmente, e, portanto, efetivamente utilizados pelos astronautas. Isso demonstra a força sobrehumana dos tripulantes em lutar por suas vidas até o último segundo ...

Columbia: a morte coletiva na volta à terra - análise do acidente e do que ocorreu com toda a tripulação

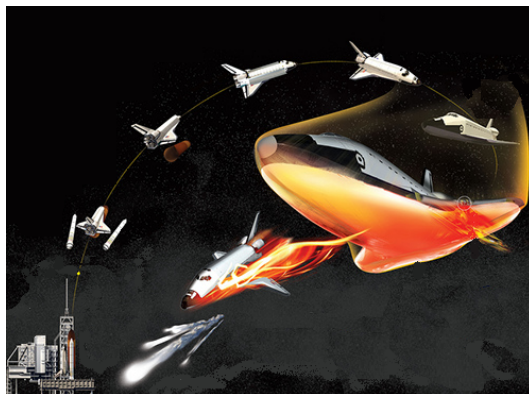
Mantendo a narrativa dada ao desastre da Challenger, a síntese do acidente do Columbia pode ser encontrada no wiki:

No dia 1º de Fevereiro de 2003, durante o regresso da sua 28ª missão, o Columbia desapareceu dos radares quando sobrevoava, a grande altitude, o estado do Texas. Um pedaço de espuma que se soltara durante a decolagem danificou a proteção de carbono da asa esquerda, provocando um buraco.

Este problema foi detectado por câmeras durante a decolagem e notado por engenheiros durante a missão. Essa era uma ocorrência comum e considerada irrelevante pela NASA. Entretanto, durante a reentrada na atmosfera, o isolamento de proteção térmica das asas não foi eficiente [apresentando] um buraco. O calor causado pela fricção com a atmosfera penetrou por dentro da asa esquerda, destruindo toda a estrutura.

Inicialmente, a temperatura atingiu mais de 1.400 graus Celsius e destruiu todos os sensores eletrônicos. Houston perdeu contato com Columbia e, em seguida, o calor da reentrada desintegrou, gradualmente, a estrutura da asa esquerda. O ônibus espacial perdeu estabilidade, a asa esquerda soltou-se da estrutura, e o veículo desintegrou-se no ar com mais de 80 mil fragmentos caindo sobre os Estados do Texas e da Louisiana. Os 7 astronautas morreram. (WIKI 2, 2023). [Figuras 17 a 21]

Figura 17 - Sequência da decolagem, voo, órbita, reentrada e desintegração do Columbia.



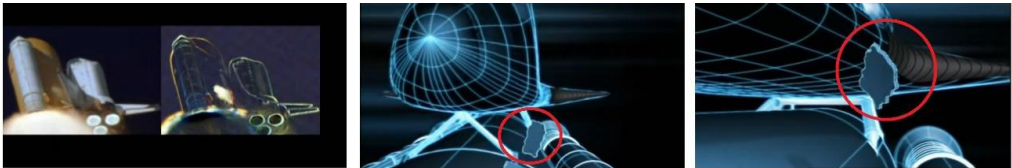
Fonte: PINTEREST, 2023.

Figura 18 – O círculo marca a parte da asa afetada durante a decolagem do Columbia: o choque de um pedaço de uma esponja térmica que recobria o tanque externo de combustível líquido contra a asa.



Fonte: BBC STUDIOS, 2023.

Figura 19 – Detalhe do fotograma e simulação por computação gráfica que mostra o impacto do pedaço de esponja térmica contra a estrutura da asa.



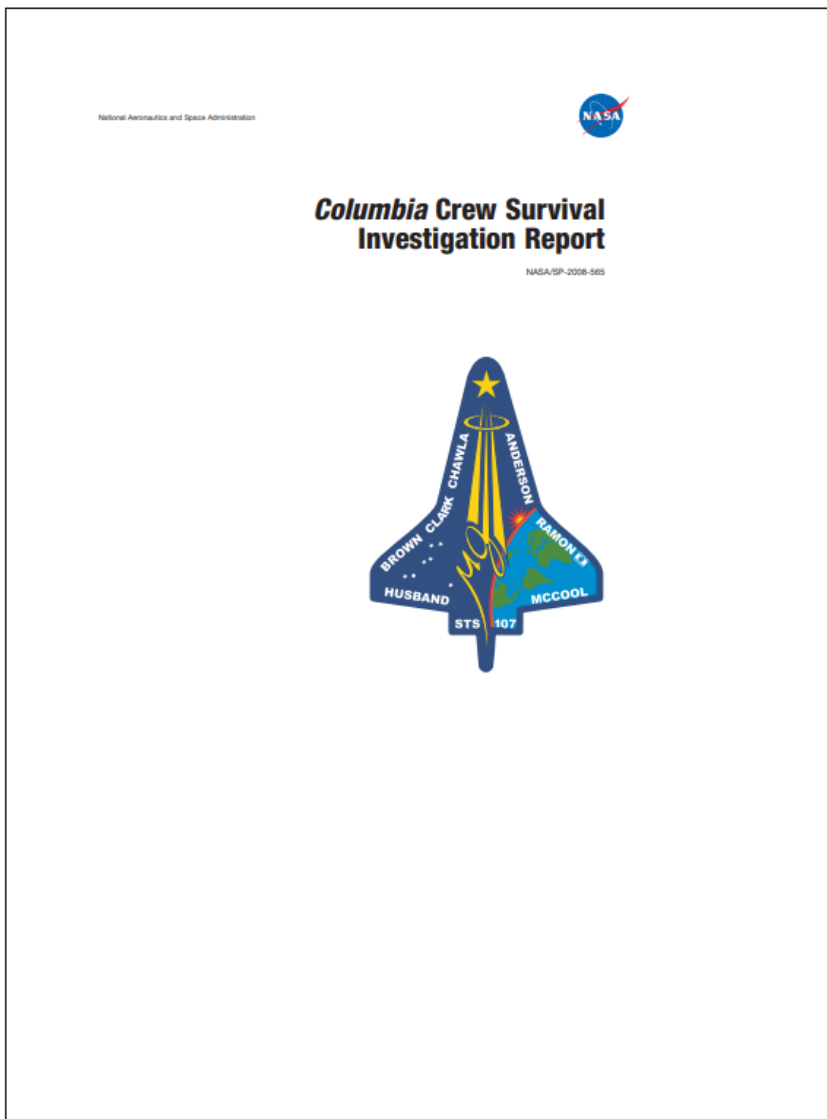
Fonte: BBC STUDIOS, 2023.

Figura 20 – Testes demonstrando o estrago de um pedaço de esponja térmica contra a estrutura da asa: o rombo aberto é compatível com aquele que seria o responsável primário pela destruição completa do Columbia no processo de reentrada.



Fonte: BBC STUDIOS, 2023.

Figura 21 - Report “Columbia Crew Survival Investigation Report”.



Fonte: REPORT 2, 2003.

Os dados e relatos que se seguem expressam as conclusões do *Report* (figura 21) sobre as causas que levaram ao desastre que matou os sete astronautas do ônibus espacial Columbia. Realizei aqui um recorte sobre a questão relativa a *causa mortis* dos astronautas. Alguns dos números que constam no início de determinados parágrafos são as seções originais do *Report* “Columbia Crew Survival Investigation Report”). Em

geral, os detalhes de como os astronautas reagiram e como faleceram não são debatidos nas mídias, sejam acadêmicas, sejam de divulgação científica.

O *Report* contém as análises e resultados sobre o que aconteceu com a tripulação do STS-107.

Abrange a consciência que a tripulação teve dos eventos, as ações da tripulação em resposta a esses eventos e os eventos de potencial letalidade a que a tripulação foi exposta. Esta análise (a do *Report*) destinava-se a ajudar planos de naves espaciais da época e de futuros projetistas no desenvolvimento de veículos e sistemas que incorporassem as lições aprendidas com aquele acidente.

A análise que consta no *Report* foi baseada em dois tipos de dados: dados objetivos (por exemplo, achados médicos forenses, e dados de instrumentação do veículo, dados de vídeo a bordo recuperados pós-acidente e comunicações tripulação ar-terra), além de dados derivados (por exemplo, balística, análise térmica, análises aerodinâmicas, ondas de choque, interações, modelagem de movimento, mapeamento de lesões térmicas e teste de materiais).

Do *Report*, lemos:

Embora esta seção descreva o melhor “ajuste de dados”, está sujeito a alguma incerteza inerente devido à falta de dados, tanto reais quanto experimentais, sobre a exposição humana a condições semelhantes ao ambiente de entrada na atmosfera.

As evidências indicam que a tripulação estava ciente do evento trágico que os abateria e estava tomando ações que eram consistentes com uma tentativa de recuperar a pressão hidráulica. Uma vez ocorrido o evento de depressurização, a tripulação deve ter ficado inconsciente ou falecido e não tinha conhecimento dos eventos físicos e térmicos subsequentes. Não há evidência de erro da tripulação contribuindo para este acidente.

A causa da morte da tripulação foi a exposição desprotegida a grandes altitudes e aos inúmeros traumas causados pela rotação descontrolada do Orbitador e aos fragmentos/estilhaços que devem ter invadido a cabine.

A primeira seção discute a consciência da tripulação. Em seguida, as descobertas médicas são descritas por categorias de lesões sofridas. É descrita resumidamente uma sequência cronológica dos eventos da potencial letalidade durante o evento catastrófico.

Conclusão L1-1. Após a perda de controle às 13:59:37 GMT e antes do rompimento do orbitador às GMT 14:00:18, a pressão da cabine do Columbia era nominal e a tripulação era capaz de realizar ações.

Recomendação L1-4. O design futuro do traje dos astronautas deve incorporar a capacidade dos membros da tripulação de fechar seus visores abaixados sem depender da potência da espaçonave em descontrole.

Nas amostras de tecido dos astronautas foram reveladas evidências de ebulismo (formação de bolhas em fluidos corporais sob pressão ambiental reduzida).

Conclusão L1-3. A tripulação foi exposta a uma altitude de pressão acima de 63.500 pés, indicando que o evento de depressurização da cabine ocorreu acima desta altitude.

Evidência: o evento de depressurização ocorreu antes da perda da função circulatória.

Conclusão A8-1. Acidentes com naves espaciais são raros, e cada evento adiciona conhecimento crítico e compreensão para o banco de dados sobre possibilidades de se evitar danos maiores.

Recomendação A8. Como foi executado com a Columbia, os planos de investigação de acidentes com naves espaciais deve incluir preservação e segurança de dados. Todos os destroços e dados devem ser catalogados, armazenados e preservados para que estejam disponíveis para futuras investigações ou estudos.

Evidência. Nenhum dos [] tripulantes fechou as viseiras dos capacetes.

Conclusão L1-5. A depressurização incapacitou os tripulantes tão rapidamente que eles foram

incapazes de baixar as viseiras dos capacetes.

Recomendação L1-3/L5-1. Os futuros sistemas de sobrevivência da tripulação da espaçonave não devem depender do manual ativação para proteger a tripulação.

Evidência: Um membro da tripulação parece ter sido contido apenas pelo cinto de ombro e alça da virilha.

Recomendação L1-2. Os futuros sistemas de sobrevivência de espaçonaves e tripulações devem ser projetados de forma que os equipamentos e procedimentos fornecidos para proteger a tripulação em situações de emergência sejam compatíveis com operações nominais. Futuros veículos espaciais, equipamentos e cronogramas de missão devem ser projetados de forma que um tripulante possa realizar de forma adequada todas as operações sem comprometer a configuração do traje de sobrevivência durante as fases críticas do voo.

Evidência: Os ferimentos eram consistentes com atingimento da parte superior do corpo das tripulações que não foram contidas com segurança nos encostos dos assentos e com evidências indicando que as correias inerciais do carretel estavam estendidas no momento da falha.

Evidência: As lesões foram consistentes com a parte superior do corpo dos tripulantes.

Conclusão L2-3. Lesões letais resultaram de contenção e proteção inadequadas da parte superior do corpo durante o movimento de rotação [incontrolada do orbitador].

Recomendação L2-7. Projetar capacetes atrelados aos trajes com proteção para a cabeça como requisito funcional. Os trajes devem incorporar capacetes conformes com cabeça e dispositivos de retenção de pescoço, semelhantes às técnicas de proteção de capacete/cabeça usadas em automóveis de corridas profissionais.

Recomendação L2-8. Os sistemas inerciais de travamento devem funcionar automaticamente.

Recomendação L2-9. O uso de carretéis inerciais em futuros sistemas de retenção deve ser avaliado para garantir que sejam capazes de proteger a tripulação durante situações nominais e não nominais sem intervenção ativa da tripulação.

Evidência: Os membros da tripulação sofreram lesões traumáticas nas áreas correspondentes à retenção do sistema de assento.

Conclusão L3-4. O sistema de retenção do assento causou lesões de nível letal quando os tripulantes estavam ou inconscientes ou falecidos quando se separaram do assento.

Recomendação L2-4/L3-4. Os futuros trajés espaciais e restrições de assento devem usar tecnologia de ponta numa solução integrada para minimizar lesões na tripulação e maximizar a sobrevivência da tripulação em ambientes de aceleração nominal.

Evidência: Não foram identificados níveis significativos de monóxido de carbono ou cianeto (subprodutos da combustão) nos fluidos corporais dos cadáveres.

Evidência: Não houve evidência de lesão térmica nas vias respiratórias.

Conclusão L1-4. A tripulação não foi exposta a um incêndio na cabine ou lesão térmica antes da depressurização, cessação da respiração e perda de consciência.

3.4.3 Eventos identificados com potencial letal

1. O primeiro evento com potencial letal foi a depressurização do módulo de comando (orbitador), que começou logo após o rompimento do orbitador.

Na configuração do ônibus espacial, a tripulação precisaria abaixar e travar o visor do capacete como proteção completa para um evento de depressurização, mas numa explosão catastrófica, como a que se abateu sobre o Columbia, isso não foi possível.

2. O segundo evento com potencial letalidade foi a exposição dos tripulantes inconscientes ou falecidos a um ambiente dinâmico de carga rotativa com capacetes sem viseiras baixadas, expondo a parte superior de seus corpos.

O design atual do assento e do capacete do ônibus espacial e as práticas operacionais não protegeram a tripulação do evento letal.

Sistemas inerciais nas poltronas reduziriam o risco de lesão/morte iminente contra eventos de G dinâmicos (ou seja, sem restrições laterais, sem controle do movimento da extremidade e sem apoio de cabeça e pescoço). Melhores projetos de contenção que incluem suporte para cabeça e pescoço poderiam reduzir o risco de lesões/mortes.

3. O terceiro evento com potencial letalidade foi a separação do módulo da tripulação e dos assentos com forças aerodinâmicas associadas, interações materiais e consequências térmicas. Este evento é o menos

entendido devido as limitações de conhecimento atual de como se comportariam instrumentos e estruturas nesta velocidade Mach tão alta e em tão alta altitude. As restrições de assento desempenharam um papel fundamental na letalidade deste evento.

Não era possível sobreviver ao evento por nenhum meio atualmente conhecido.

A equipe de investigação reconheceu que o projeto do Columbia e dos demais ônibus espaciais não garantiriam a sobrevivência dos tripulantes naquela velocidade e altitude que caracterizaram o evento catastrófico do Columbia.

Projetos de veículos espaciais futuros devem incorporar um princípio de “degradação controlada” e estabilização do módulo de comando, o que é factível tecnologicamente.

4. O quarto evento com potencial letalidade foi a exposição ao vácuo próximo, acelerações aerodinâmicas e temperaturas extremamente baixas. Embora o atual equipamento de sobrevivência da tripulação possa ser capaz de proteger a tripulação, ele não é certificado para proteger a tripulação acima de 100.000 pés. Na altitude e velocidade em que os tripulantes se encontravam, as características eram a falta de oxigênio, a baixa pressão atmosférica, as altas cargas térmicas como resultado da desaceleração (em velocidade Mach muito altas).

Os trajes não foram desenhados para proteção contra exposições a altas temperaturas. Existiu um exemplo que foi a sobrevivência de um piloto num acidente de um SR-71 [Aviation Week & Space Technology, 8 de agosto de 2005, pp. 60–62], onde o traje resistiu intacto e pressurizado e que poderia proteger um membro da tripulação a uma altitude de 78.000 pés e velocidades de pelo menos Mach 3. Novas pesquisas são necessárias para fechar a lacuna de sobrevivência.

A única proteção alcançável seria garantir a integridade do módulo até que a velocidade e a altitude se estabilizassem dentro da capacidade do traje, o que, atualmente, não é determinado com precisão.

5. O evento final com potencial letalidade foi o impacto com o solo. Um paraquedas poderia ter sido utilizado para cada tripulante?

O tripulante deveria iniciar manualmente o procedimento de ajuste do paraquedas ou ser usado ligado ao mastro de escape da tripulação para iniciar uma abertura automática do dispositivo.

Soluções de paraquedismo militar e/ou esportivo existem para abrir os paraquedas independentemente da ação da tripulação. Porém, interações de ondas de choque, acelerações aerodinâmicas e exposição a temperaturas extremamente baixas poderiam tornar essa alternativa inviável.

3.4.4 Sinopse da análise da tripulação

A tripulação não sabia de uma situação de perigo extremos de sobrevivência iminente antes do evento catastrófico. No momento do evento, a tripulação no convés estava, provavelmente, solucionando as mensagens de advertência associadas ao trem de pouso principal esquerdo e mensagens de pressão dos pneus. Um dos tripulantes do meio do convés provavelmente estava tentando manter-se sentado e contido sob as condições dinâmicas do evento. Até o momento em que a cabine se separou do veículo orbital, a tripulação estava consciente e não havia, ainda, sofrido ferimentos graves.

A causa da morte foi a exposição desprotegida a condições de grande altitude e traumas resultados de contusões.

4.5.9.2 Determinação da causa da morte

A causa da morte, trauma contundente e hipóxia, foi originalmente determinada pela realização das autópsias.

Os dados gerados pela equipe de investigação tomaram como ponto de partida para determinar o que a tripulação experimentou, a sequência temporal dos eventos e como os vídeos recuperados, mostrando as atividades do middeck (parte inferior da cabine - 3 astronautas) e do deck de voo (parte superior da cabine - 4 astronautas), também foram revisados e correlacionados com o áudio terra-ar e a telemetria gravada.

Marcadores temporais forenses foram usados para determinar a sequência das lesões observadas. A perícia médica considerou as evidências de áudio e vídeo, a telemetria gravada e a análise do equipamento da tripulação de voo recuperado. Essas correlações ajudaram a estabelecer a configuração do comportamento e da morte de toda a tripulação, documentando e sequenciando as fontes de lesões.

Todas essas informações foram então integradas aos resultados de outras subequipes de investigação para formar um cenário médico sobre a sequência de lesões que levaram à morte os sete tripulantes do Columbia.

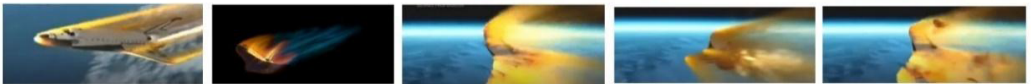
As figuras que vão de 22 a 32 são uma síntese imagética do *Report* mostrando o evento catastrófico e as fragilidades de equipamentos que traram a vida dos sete tripulantes prestes a voltarem para casa ...

Figura 22 – O voo já desintegrado do Columbia sobre os céus do Texas



Fonte: NYT, 2008.

Figura 23 – concepção artística da dinâmica do desastre.



Fonte: NatGeo, 2010.

Figura 24 - cockpit mostrando a localização de cada um dos astronautas do Columbia.

Arranjos de assentos da tripulação

ASSENTO	DECOLAGEM	ATERRISAGEM	
S1	Scobee	Scobee	
S2	Smith	Smith	
S3	Onizuka	McNair	
S4	Resnik	Resnik	
S5	McNair	Onizuka	
S6	Jarvis	Jarvis	
S7	McAuliffe	McAuliffe	

Assentos 1 a 4: deck de voo
Assentos 5 a 7: deck inferior

Fonte: WIKI, 2023.

Figura 25 – concepção artística da perda da asa direita acarretada pela explosão dos pneumáticos e a ruptura da cabine do corpo da nave.



Fonte: PINTEREST, 2023.

Figura 26a – concepção artística da sequência destrutiva do Columbia.



Fonte: PINTEREST, 2023.

Figura 26b – Astronauta relata que ainda estava sem luvas e se maravilha com as faíscas originadas do tremendo atrito da reentrada que observava por uma das janelas do cockpit, enquanto outro colega a adverte (quase profeticamente): “Sim, mas você definitivamente não queria estar lá fora agora”, fato que, em menos de dez minutos se materializaria na tragédia da destruição completa do orbitador e de toda a tripulação.



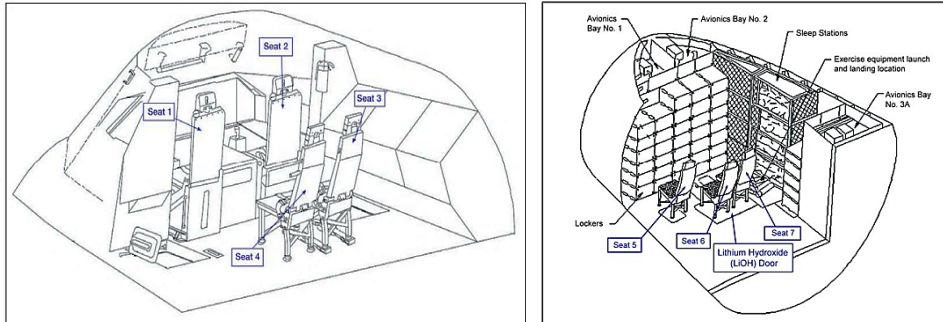
Fonte: TANKS IN SPACE, 2010)

Figura 27 – o cockpit do orbitador com todos os assentos ocupados pela tripulação



Fonte: AMERICASPACE, 2023.

Figura 28 – detalhe do deck de comando e o deck inferior (middeck) do orbitador. Notar o design e a fragilidade mecânica dos assentos.



Fonte: REPORT, 2003.

Figura 29 – fotos que demonstram a fragilidade dos assentos no cockpit: extremamente finos, desconfortáveis, não ergonômicos, sem proteção lateral para a cabeça, sem dispositivos pirotécnicos para escape balístico por paraquedas.



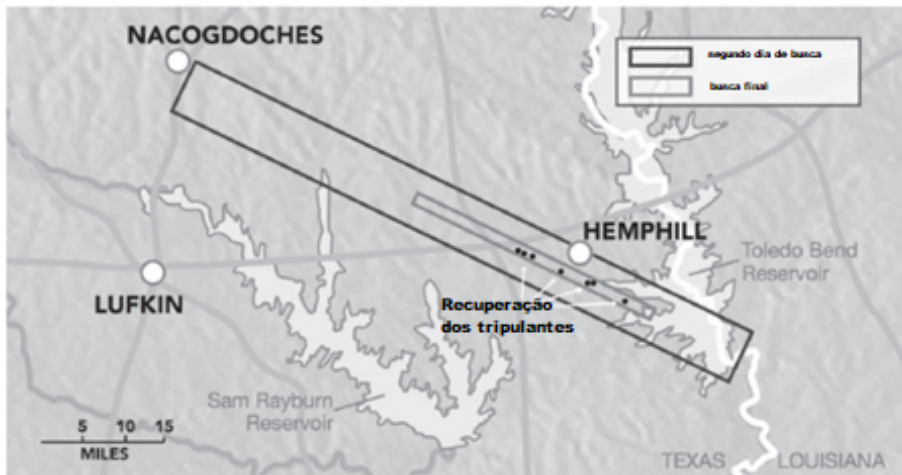
Fonte: SPACE FLIGHT OPERATIONS, 2005.

Figura 30 - Após a explosão do pneumático na asa esquerda do veículo orbital, o Columbia entra num giro descontrolado que acabará fragmentando toda a estrutura, expulsando a cabine (reforçada), e desintegrando-se, posteriormente, na queda acelerada até o atingimento do solo.



Fonte: REPORT, 2003.

Figura 31 – Locais onde os restos mortais dos membros da tripulação do Columbia foram encontrados.



Fonte: LEINBACH; WARD, 2017.

Figura 32 – O logo do voo final do Columbia e o capacete de um dos astronautas.



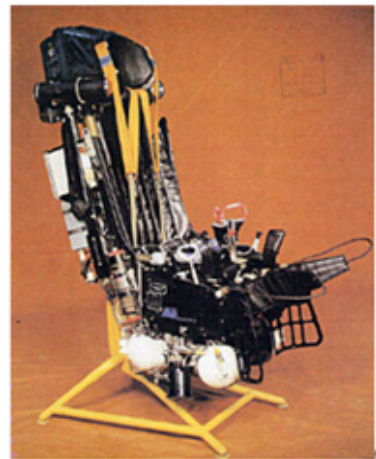
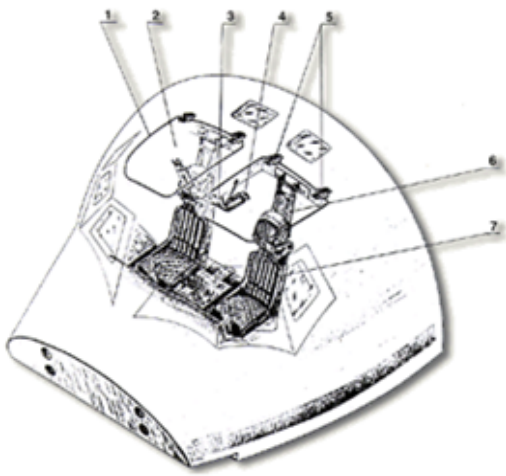
Fonte: ELIPSETOURS, 2023.

Conclusão: seria possível a sobrevivência das tripulações da Challenger e Columbia?

Para esta pergunta, a resposta seria: SIM! Porém, a sobrevivência das duas tripulações (Challenger e Columbia), se daria somente se muitos condicionantes tivessem sido respeitados. Estes condicionantes convergem para uma única preocupação que não existiu nos projetos dos ônibus espaciais norte-americanos: *o respeito à vida humana em seu caminho para o espaço!*

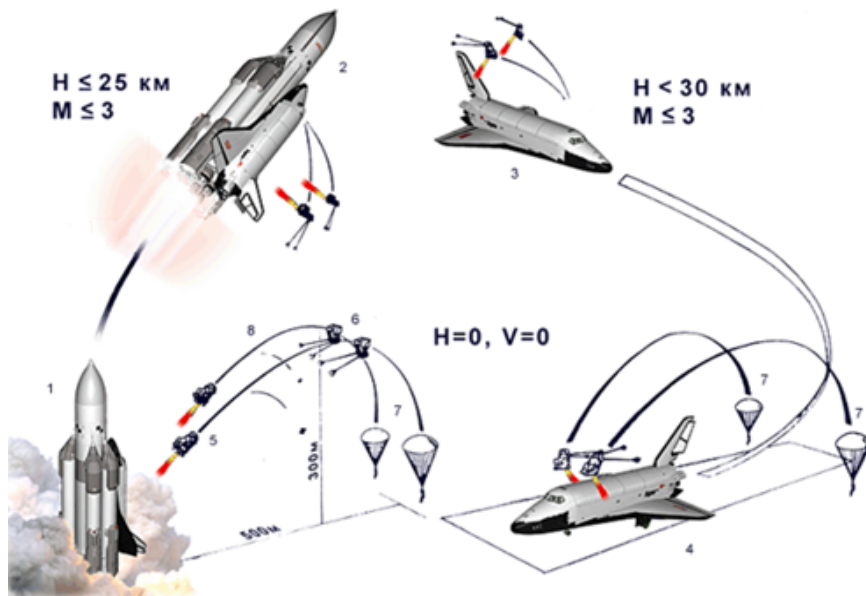
No caso da Challenger, não havia um sistema de escape dos tripulantes por de assentos balísticos ejetáveis, como existem em jatos militares ou como existia nos assentos do ônibus espacial soviético BURAN (Figuras 33 a 40). Além do mais, o cockpit dos ônibus espaciais norte-americanos, nunca foram projetados para ter um sistema de desacoplamento em caso de explosão dos *boosters* ou do tanque de combustível líquido e, portanto, um sistema de escape dotado de paraquedas balísticos, como os que existiram nas cápsulas do Projeto Apollo e, atualmente, em todas as Soyuz, Crew Dragon e cápsula Órion.

Figura 33 – Assentos no ônibus espacial soviético BURAN. Notar a poltrona reforçada, com encosto lateral de cabeça-pescoço e com dispositivos pirotécnicos para escape balístico e com uso de paraquedas individual.



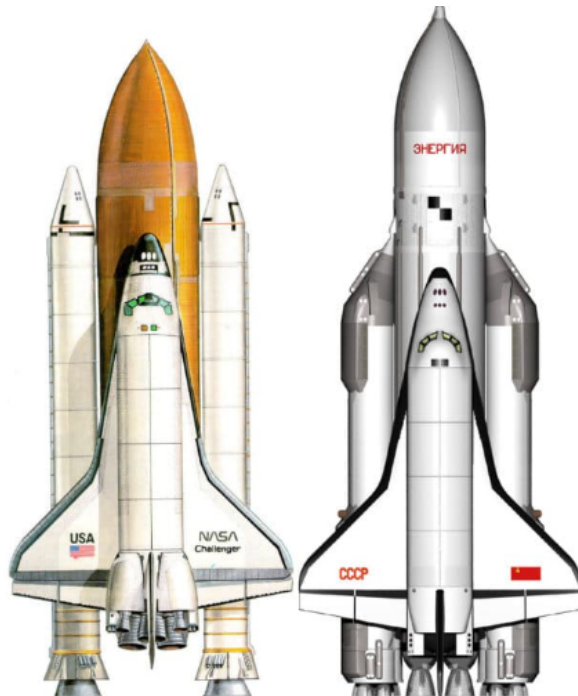
Fonte: CAVOK, 2023.

Figura 34 – Condições do uso do escape balístico para a tripulação do BURAN.



Fonte: CAVOK, 2023.

Figura 35 – Comparação entre o ônibus espacial norte-americano e o Buran soviético.



Fonte: CAVOK, 2023.

Figura 36 – O BURAN sendo transportado por um avião-cargueiro da AEROFLOT.



Fonte: CAVOK, 2023.

Figura 37 – O BURAN na sua plataforma de lançamento.



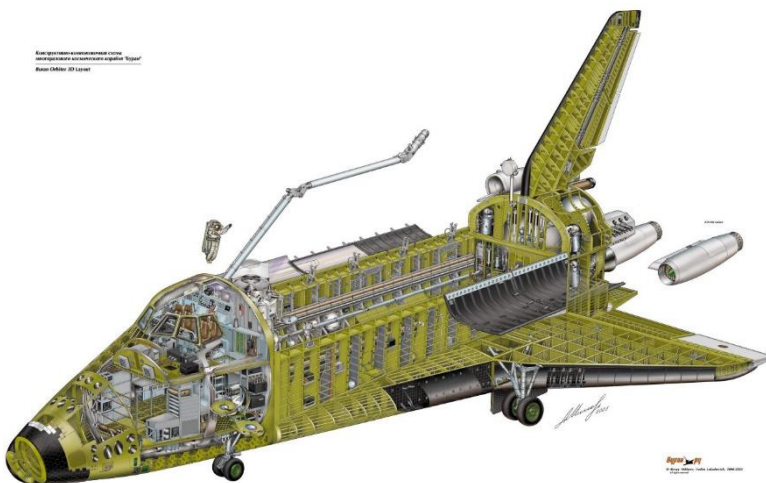
Fonte: CAVOK, 2023.

Figura 38 – Buran em voo.



Fonte: PINTEREST, 2023.

Figura 39 – Ilustração esquemática do BURAN.



Fonte: CAVOK, 2023.

Figura 40 – Diferentes perspectivas de BURAN e do foguete ENERGIA. A diferença do BURAN com o veículo espacial (STS) norte-americano é que onde existe um imenso tanque de combustível líquido nos STS, no Buran, é o poderoso foguete ENERGIA.



Fonte: CAVOK, 2023.

Mas antes desta etapa, a revisão técnica da situação dos O-rings dos boosters, no caso da Challenger, deveria ter ocorrido, especialmente por duas características:

- i) a exposição, por dias seguidos, de todo o sistema, na plataforma de lançamento, ao frio intenso, o que colaborou decisivamente para a degradação do material dos anéis de vedação. Richard Feynman, durante uma das reuniões da Comissão Rogers de investigação do desastre da Challenger, mostrou claramente, com uma demonstração de laboratório de Física do Ensino Médio, como a borracha (do O-ring) se comporta num meio extremamente frio, colaborando decisivamente para a fadiga do material;
- ii) a integridade física dos próprios boosters, uma vez que eram reutilizados quando exauriam seu combustível sólido na fase inicial de aceleração dos ônibus espaciais. Estes boosters eram recuperados no oceano após nele cair ... de paraquedas!!!! (figuras 41, 42, 43). A reutilização dos boosters impunha degradações ao material que poderiam ocasionar (e que realmente ocasionaram!) fadiga de materiais.

Figura 41 – Descida de paraquedas de um dos cones do booster da Challenger.



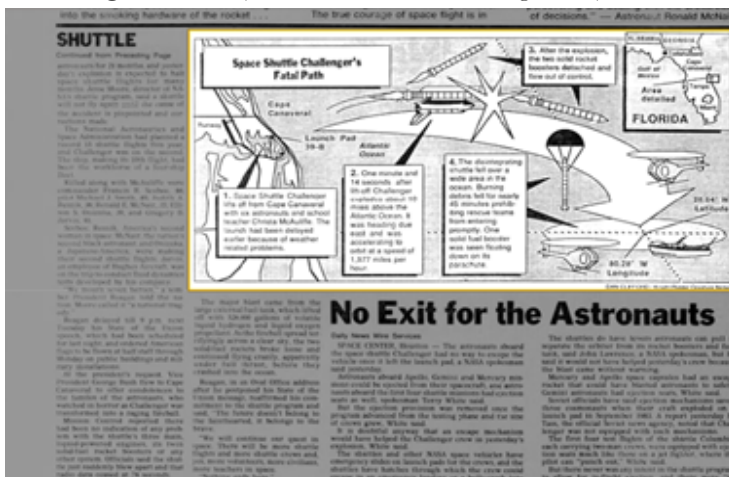
Space Shuttle Challenger Disaster | NBC Nightly News

Fonte: NBC NIGHTLY, 2023.

Os astronautas da Challenger embarcaram num veículo espacial sem chance de sobrevivência diante de um evento catastrófico. Os indícios, como vimos, mostram que toda a tripulação sobreviveu à explosão do booster, do tanque de combustível líquido e à própria desintegração do orbitador. Cilindros de oxigênio foram ativados manualmente por alguns dos astronautas, mostrando que eles tentaram de tudo na luta pela sobrevivência. Mesmo que a Challenger dispusesse de uma porta de escape para acionar durante a queda, as forças gravitacionais impostas aos tripulantes eram tão imensas que somente uma ejeção balística de seus assentos poderiam dar à eles alguma chance de sobrevivência. Entre o evento explosivo que destroçou o orbitador e separou o cockpit e o impacto com a superfície do oceano passaram-se cerca de três infinitos minutos. Provavelmente a maioria da tripulação não perdeu os sentidos, como sabemos por relatos de sobreviventes de acidentes aéreos que passam por súbita depressurização. A cabine manteve-se parcialmente pressurizada até se espatifar a quase 400 Km/h no oceano.

No ônibus espacial soviético, Buran, os assentos de, ao menos dois tripulantes, eram ejetáveis e dotados de paraquedas. Este mecanismo deveria ter sido pensado desde o início do Projeto dos ônibus espaciais norte-americanos. E isso fazia parte da tradição da construção de naves desde a década de 1960, como sabemos, por exemplo, da ejeção que o futuro primeiro homem na Lua, Neil Armstrong, teve que realizar ao manobrar um veículo que simularia o pouso em nosso satélite natural (figuras 44 e 45).

Figura 42 - Trajetória ilustrada da Challenger em jornal.



Fonte: NEWSPAPERS, 1986.

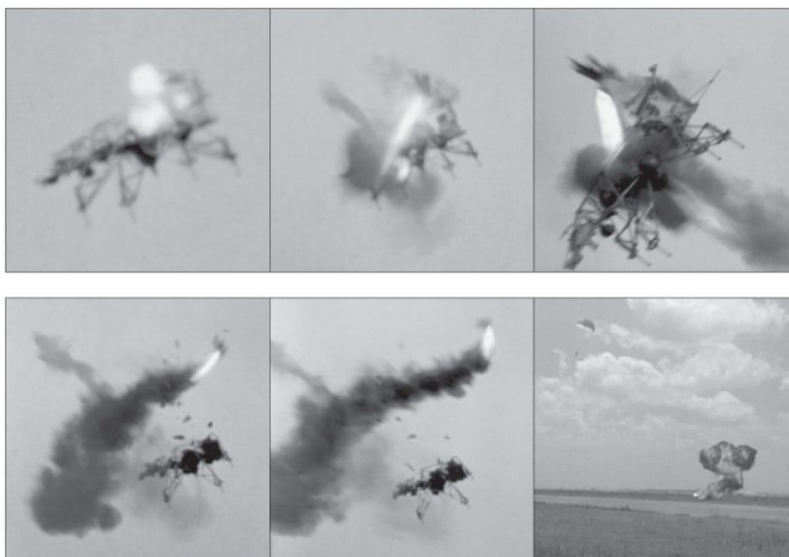
Figura 43 – um dos boosters (foguetos de combustível sólido) amarrando (pouso na água) dotado de paraquedas (os boosters eram reaproveitáveis). Para eles haviam paraquedas, já para o cockpit do orbitador e seus tripulantes não.



Fonte: REDDIT, 2023.

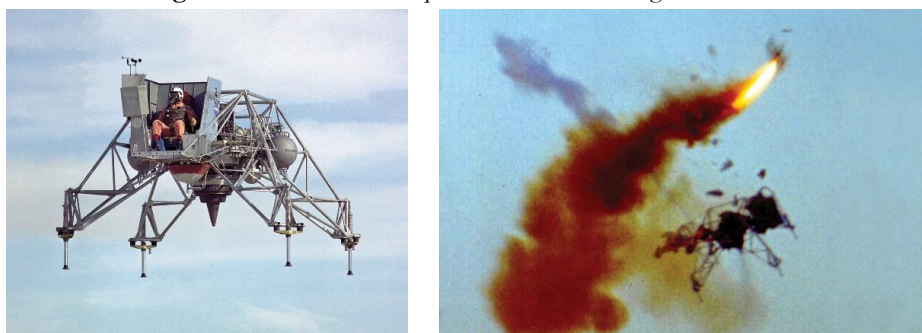
Neil Armstrong, um ano antes de seu pioneiro pouso na Lua, durante teste do módulo de descida (o “Águia”), arriscou sua vida neste protótipo de nave de alunissagem. O veículo se descontrolou e, não fosse um sistema de escape balístico do assento, com posterior acionamento automático do paraquedas, teria perdido sua vida ali nesse acidente extremamente grave e potencialmente fatal.

Figura 44 - Sequência completa mostrando a explosão do protótipo de módulo de alunissagem e o escape balístico do assento (com posterior abertura de paraquedas) do astronauta Neil Armstrong.



Fonte: SIEGEL, 2019.

Figura 45 - Detalhe da sequência mostrada na figura anterior.



Fonte: ADLER, 2023.

Segundo Space (STACKHAGE, 2023), um dispositivo balístico (com sistema de paraquedas) do cockpit teria feito falir o Programa dos

Shuttle nos EUA, pois demandaria muito tempo e muitos investimentos. Mas o que seria mais oneroso? Matar a todos e explodir um dos cinco ônibus espaciais disponíveis e atrasar o Programa por vários anos ou investir em formas seguras de salvar as tripulações das diferentes missões?

Recentemente, em 2018, um problema na decolagem da nave Soyuz, levando a bordo o cosmonauta russo, Aleksei Ovichinin e o astronauta norte-americano, Nick Hager, fez com que o lançador (foguetete) entrasse num modo incontrolável e foi necessária a ejeção balística do módulo de comando, seguida do acionamento do sistema de paraquedas, após um período de seu longo voo parabólico de queda. Os dois tripulantes se salvaram sem ferimentos, aterrissando a quase 600 km do local original da decolagem, conforme demonstra a figura 46.

Resumindo: os astronautas da Challenger poderiam ter sido salvos se:

- i) a decolagem tivesse sido abortada para uma inspeção mais rigorosa dos efeitos do extremo frio que havia sido submetida a Challenger por dias seguidos montada na plataforma de lançamento;
- ii) se existissem assentos ejetáveis com paraquedas. As figuras 48^a, 49b e 49c mostram concepções de cápsula de salvamento ou assento ejetável com paraquedas, imaginada desde os anos 1950-1960;
- iii) se existissem paraquedas para o cockpit (lembrando que os astronautas estavam vivos até o choque com a superfície do oceano). [figuras 53 a 55]

A existência de paraquedas e guia de escape para uma porta de emergência não fornecia de forma alguma possibilidade de sobrevivência, uma vez que, graças às forças envolvidas, seria difícil um escape autônomo de cada um dos tripulantes (figuras 51-52).

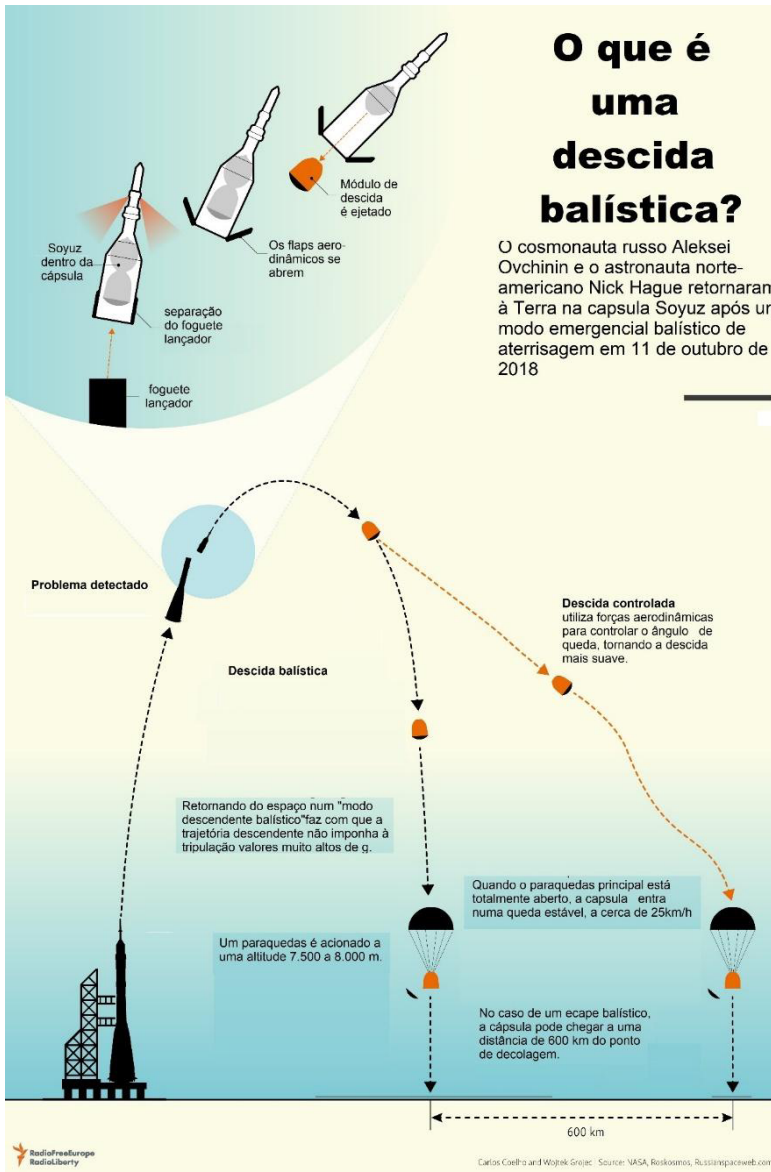
No caso do Columbia, os astronautas poderiam ter sido salvos se:

- i) os engenheiros que detectaram um possível problema na decolagem (o choque de um pedaço de esponja de isolamento térmico na asa no momento da decolagem) tivessem sido ouvidos pelos burocratas da NASA;

- ii) houvesse um braço robótico para fazer a inspeção em vídeo da estrutura externa da nave, verificando o dano na asa;
- iii) houvesse trajes espaciais para passeio externo e consequente verificação de possível dano na estrutura do ônibus e o possível conserto com placa de titânio (figura 50) como preenchimento do buraco aberto pelo impacto do material térmico na asa;
- iv) tivesse havido uma missão de resgate com outra nave espacial, a Atlantis, que parecia a mais preparada naquele momento para voo operacional (figuras 56 a 58);
- v) os assentos fossem ergonômicos, com proteção lateral de cabeça e semelhantes aos usados no Buran soviético (figura 33). Este detalhe, que parece menos importante, foi decisivo, segundo os legistas forenses, para as mortes devido a traumatismos causados pela rotação incontrollável do cockpit separado do orbitador.
- vi) a missão STS-27, lançada em 02 de dezembro de 1988, foi a 27ª missão do Ônibus Espacial da NASA e o terceiro voo do Ônibus Espacial Atlantis. Era uma missão de quatro dias e foi o segundo voo do ônibus espacial após o desastre do ônibus espacial Challenger em janeiro de 1986. O STS-27 era uma missão secreta pois carregava um satélite espião de origem militar. A proteção térmica do ônibus foi severamente danificada durante a decolagem e os membros da tripulação pensaram que morreriam durante a reentrada. Esta foi uma situação semelhante à que se revelaria fatal 15 anos depois na STS-107 (Columbia). Comparado ao dano que o Columbia sofreu no STS-107, o Atlantis sofreu danos mais extensos. No entanto, isso ocorreu em áreas menos críticas e o ladrilho que faltava estava sobre uma antena que dava proteção extra à estrutura da espaçonave (e não fazia parte de uma asa como citado inicialmente). A missão pousou com sucesso, mas o perigo de desintegração do orbitador esteve muito próximo de ocorrer. Porém, a despeito desse incidente, causado, provavelmente, também pelo impacto de um pedaço da esponja térmica

protetora do tanque de combustível líquido, a NASA parece não ter dado a atenção devida (KENNEDY SPACE CENTER VISITOR, 2015; DRONE SCAPES, 2023- figuras 47 a e 47b).

Figura 46 - Um moderno sistema de escape balístico de uma nave Soyuz moderna.



Fonte: RFERL, 2018.

Figura 47a - Os cinco ônibus espaciais norte-americanos.



Fonte: FLIPAR, 2023.

Fig. 47b – Danos na proteção térmica (de tijolos cerâmicos) da missão STS-27, EM 1988 (15 anos antes do acidente do Columbia)



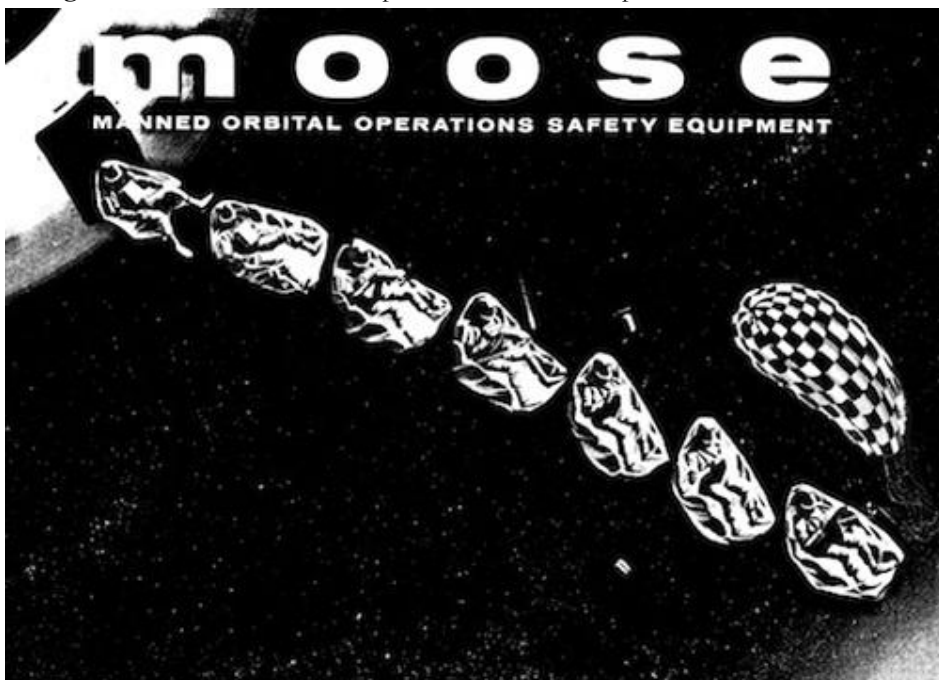
Fonte: KENNEDY SPACE CENTER, 2015; DRONE SPACES, 2023.

Figura 48a - Um equipamento de salvamento espacial desenhado na década de 1950.



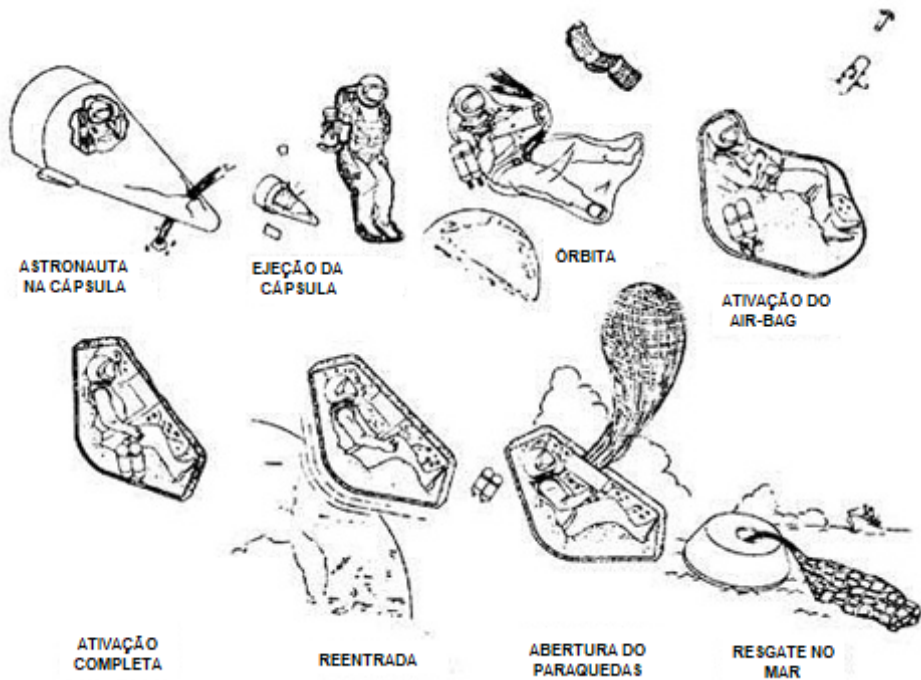
Fonte: PINTEREST, 2023.

Figura 48b - Mecanismo de escape balístico do assento pensado na década de 1960.



Fonte: GE, 2014

Figura 48c - Etapas de um mecanismo de escape balístico do assento projetado na década de 1960.



Fonte: GE, 2014

Cabe lembrar no epílogo deste livro que, em 14 de outubro de 2012, e apoiado por uma equipe de especialistas da Missão *Red Bull Stratos*, o paraquedista Felix Baumgartner decolou de Roswell, EUA, a bordo de uma cápsula pressurizada acoplada a um balão de hélio. Vestindo um traje especialmente projetado, Baumgartner foi carregado alto no céu até uma altitude de 38.969,4 m, onde saiu da cápsula e se lançou em direção à Terra (fig. 49a). O paraquedista alcançou uma altura de queda livre de 36.402,6 m e atingiu a velocidade de 1.357,6 km/h (fig. 49b) antes de abrir seu paraquedas e pousar com segurança no solo. Baumgartner estava muito mais alto que a nave *Challenger* e mesmo o *Columbia*.

A sobrevivência com paraquedas seria possível, caso assentos ejetáveis tivessem sido acionados nos dois acidentes. No entanto, a insegurança prevaleceu em todas as missões dos ônibus espaciais.

Dois acidentes no programa espacial norte-americano, 14 mortos, assombra a História até hoje por terem sido tão poucos, diante de iní-

tas possibilidades de desastres potencialmente catastróficos e ceifadores de vidas humanas na longa corrida espacial que estamos mergulhados desde a década de 1950.

Figura 49a – Salto de paraquedas de Felix Baumgartem a uma altitude de quase 40.000 m.



Fonte: FAI, 2023.

Fig. 49b. Felix Baumgartem rompe a barreira do som(1342 km/h) em seu salto estratosférico de paraquedas.



Fonte: TESSARI, 2023

Figura 50 – Teste em terra demonstrando a possibilidade de reparo do buraco aberto na asa do Columbia no momento da decolagem com uso de pedaços de titânio que existem nas cabines dos ônibus espaciais.



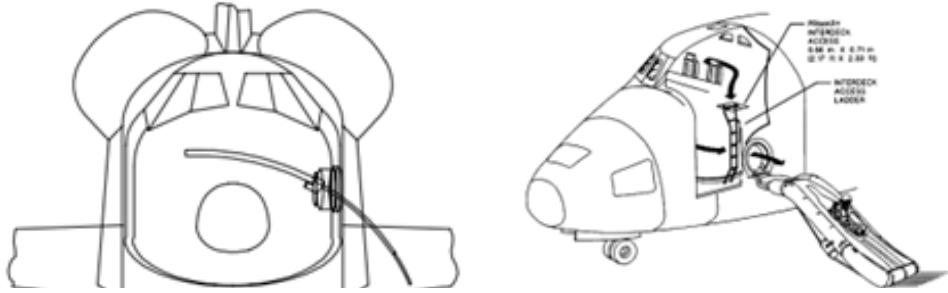
Fonte: DOBRA ESPACIAL, 2022.

Figura 51 – Escape por paraquedas através de guia lançado após abertura de porta de emergência do cockpit do ônibus espacial.



Fonte: DOBRA ESPACIAL, 2022.

Fig. 52 - Ilustração do mecanismo de escape por porta de emergência para escape em altitude por paraquedas (à esquerda) e por colchão de ar para saída de emergência em terra (à direita)



Fonte: SPACE FLIGHT OPERATIONS, 2005

Figura 53 – Aterrisagem da capsula Crew Dragon.



Fonte: LAVARS, 2019.

Figura 54 – Amargem da cápsula Órion.



Fonte: NFK, 2022.

Figura 55 – Representação imaginária de um pouso do cockpit da Challenger se tivesse sistema de paraquedas para pouso emergencial na água.



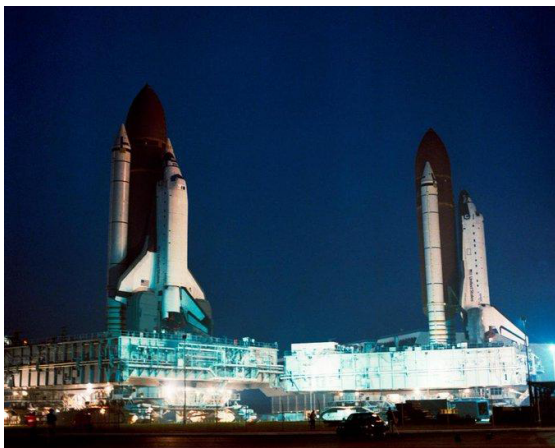
Fonte: do autor.

Figura 56 – Concepção de uma provável de missão de resgate que poderia ter salvo a tripulação do Columbia.



Fonte: CAVOK, 2023.

Figura 57 – Dois ônibus espacial em suas plataformas de decolagem.



Fonte: NASA, 2023.

Figura 58 – Astronautas se preparando para embarque no ônibus espacial. Poderiam ser aqueles de uma missão de resgate do Columbia no espaço.



Fonte: STOCK, 2023.

Em toda a longa história contada aqui, 21 (vinte e um) astronautas e cosmonautas perderam suas vidas. Os números parecem poucos diante de tantas missões, porém, toda vida é preciosa. Os poucos segundos de clarividência que tiveram os tripulantes do Columbia diante da morte iminente, ou dos tripulantes da Challenger em seus três últimos minutos de vida no longo voo parabólico do cockpit em direção ao oceano são terríveis, pois imprimiram, nessa efemeridade, em cada uma daquelas almas, a certeza do impensável e de que as maravilhas tecnológicas que navegavam pelo espaço eram seus esquifes sem asas, como Ícaro, em seus voos incontroláveis e fatais.

Descansem em paz estes Ícaros caídos que, com seus exemplos, nos conduzirão, no próximo século, à habitabilidade humana fora da Terra.

Referências consultadas e sugeridas

ADLER, D. G. **The crazy contraption that almost killed Neil Armstrong**. In: <https://www.historynet.com/lunar-landing-research-vehicle-nasas-flying-bedstead/>

AERONAUTICS RESEARCH MISSION DIRECTORATE. **Space Shuttle Tiles**. In: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/shuttle_tiles_2_4v2.pdf

ALLTHATSINTERESTING. **Space Shuttle Challenger disaster**. In: https://allthatsinteresting.com/space-shuttle-challenger-disaster?utm_campaign=twitterpdtyc&utm_source=twitter&utm_medium=social

AMERICAESPACE. **Remembering Challenger's lost innocence**. In: <https://www.americaspace.com/2020/01/28/remembering-challengers-lost-innocence-otd-in-1986/>

ASTRONOMY. **Remembering the crew of Soyuz 11: the Only astronauts to die in space**. In: <https://astronomy.com/news/2021/06/remembering-the-crew-of-soyuz-11-the-only-astronauts-to-die-in-space>

AVIATION **Week & Space Technology**, 8 de agosto de 2005.

BBC STUDIOS. Columbia Shuttle Investigation | Last Flight of Space Shuttle Columbia | BBC. In: <https://www.youtube.com/watch?v=2eTRaJGDe-8>

BBC STUDIOS 2. Space Shuttle Columbia Disaster Pt 5: Heat resistant tiles | BBC Studios. In: <https://www.youtube.com/watch?v=NFHIhR3G7Lk>

BEACHAM. **On this day, in 1957, 63 years the Soviet Union launched Laika a suberian husky into outer space aboard the Sputnik**. In: <https://www.beachamjournal.com/journal/2020/11/on-this-day-in-1957-63-years-ago-the-soviet-union-launched-laika-a-siberian-husky-into-outer-space-aboard-the-sputn.html>

BERKEY, J. **Nasa space art**. In: <https://johnberkeyart.com/nasa-space-art/>

BROOKS, S. M. (Director). **The girl who fell from the sky** . Film, 2020.

BUSINESSINSIDER. **People who died in space: astronauts and cosmonauts**. In: <https://www.businessinsider.com/people-who-died-in-space-astronauts-cosmonauts-2022-12>, 2022.

CAVALCANTE, D. **50 anos da Apollo 13: conheça a história da “falha bem sucedida” da NASA**. In: <https://canaltech.com.br/espaco/50-anos-da-apollo-13-conheca-a-historia-da-falha-bem-sucedida-da-nasa-16309> , 11 de abril de 2020.

CAVOK. **Buran**. In: <https://www.cavok.com.br/>

CBS. **Memorial**. In: <https://www.cbsnews.com/network/news/space/home/memorial/511.html>

СОЗВЕЗДИЕ ЗВЁЗДА, **[Constelações de Estrelas]**. <https://ok.ru/group52934859554886/topic/66666191334214> , 2017.

HAZELLE, D. **First Man** (movie). Dream Works Pictures, 2018.

- CLEVELAND.COM. Apollo 1 fire rocked NASA, U.S., world 50 years ago: 60-Second Know-It-All. In: <https://www.youtube.com/watch?v=7cN6P1xtdz8>
- COLUMBIA'S ARLINGTON: Final resting place's for fallen shuttle's debris. In: <http://www.collectspace.com/news/news-020104a-space-shuttle-columbia-debris-repository.html> , 2004.
- CULTURETRIP. **The story behind soviet russian space dogs.** In: <https://theculturetrip.com/europe/russia/articles/the-story-behind-soviet-russias-space-dogs/>
- DOBRA ESPACIAL. O acidente do Ônibus Espacial Challenger | STS-51L. In: <https://www.youtube.com/watch?v=0ub-l2J4MgQ&t=748s>
- DOBRA ESPACIAL. Era possível salvar os astronautas do Columbia? | STS-107 | Capítulo 3. In: https://www.youtube.com/watch?v=nz_dp8h3E7Q , 2022.
- DRONE SCAPES. Seconds From Disaster | The Amazing Story Of A Shuttle Secret Mission | Hoot Gibson | EPISODE 2. In: <https://www.youtube.com/watch?v=3nk7qSvOaLo>
- ECLIPSETOURS. **Columbia reentry STS-107.** In: <https://eclipsetours.com/paul-maley/artificial-satellite-observations/columbia-reentry-sts-107>
- FAI. **Baumgartner's records ratified by FAI.** In: <http://www.fai.org/fai-slider-news/37012-baumgartners-records-ratified-by-fai>
- FREDERIK, Travis. **What is NASA's Day of Remembrance?**. NASA, 2023.
- GE. **Gravity|: forgotten space escape pod.** In: <https://www.ge.com/news/reports/gravity-forgotten-space-escape-pod-could-bring>, March 01, 2014.
- GETIMAGES. In: www.gettyimages.com
- GRAY, T. NASA. **A brief history of animals in space.** In: <https://history.nasa.gov/animals.html> , 1998.
- GREY, K. <https://twitter.com/katlinegrey/status/1253685163168600064>
- HINDES, M. **Long-forgotten photographs reveal Challenger disaster as it happened.** In: <https://br.pinterest.com/pin/200621358378926845>
- HOLLINGHAM, R. Nasa's out-of-this-world plan to rescue a Space Shuttle. In: <https://www.bbc.com/future/article/20140624-nasas-bold-shuttle-rescue-plan>
- HOWARD, R. Apollo 13 (movie). Universal Pictures, 1995.
- INDEPENDENT. **Laiki: 60 anniversary russia space dog: what happens to animals sent into orbit.** In: <https://www.independent.co.uk/news/science/laiki-60-anniversary-russia-space-dog-what-happens-to-animals-sent-into-orbit-a8036411.html>
- INVESTIGATION of the **Challenger accident Report of the Committee on Science and Technology. House of Representatives**, ninety-ninth congress. second session october 29, 1986.-Committed to the Committee of the White House on the State of the Union and ordered to be printed 64-420 0 U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE WASHINGTON, 1986.
- KATLINEGREY. In: <https://twitter.com/katlinegrey/status/1253685163168600064>

- KENNEDY SPACE CENTER VISITOR. **Tell me a story: astronaut Hoot Gibson's and Atlantis' close call.** In: <https://www.youtube.com/watch?v=BswkvaAaqSM&t=72s>. 2015.
- KUBRICK, S. **2001, A Space Odyssey** (movie). Metro Goldwyn Mayer, 1968.
- LA NACIÓN. **Infografía Transbordadores.** In: <https://www.behance.net/gallery/5957347/Infografia-Transbordadores>
- LAVARS, N. SpaceX's upgraded Crew Dragon parachutes breeze through 13 drop tests. In: <https://newatlas.com/space/spacexs-upgraded-crew-dragon-parachutes-13-drop-tests/>, 2019
- LEINBACH, M. D.; WARD, J. H., author. **Bringing Columbia home : the final mission of a lost space shuttle and her crew.** First edition. New York : Arcade Publishing, 2017.
- LUCKHARDT, C. Return to the abandoned Soviet Buran Space Shuttles. In: <https://www.youtube.com/watch?v=e9H0O-gxJ4Y>
- MALEY, P. D. Columbia reentry (STS-107): Disaster in space: Images from the reentry of Columbia before its final disintegration over Texas. In: <https://eclipsetours.com/paul-maley/artificial-satellite-observations/columbia-reentry-sts-107/> , 2012.
- MSN. **Explosão ao vivo estarrece o mundo: quem eram os astronautas da Challenger.** In: <https://www.msn.com/pt-br/noticias/ciencia-e-tecnologia/explos%C3%A3o-ao-vivo-estarrece-o-mundo-quem-eram-os-astronautas-da-challenger/ss-AATdTdX?ocid=msedgntp&cvid=98165fd01e814f049d0371b93a5f8d25&ei=9#image=17>
- NatGeo, NATIONAL GEOGRAPHIC. **Seconds from disaster** (*apud* FISKUM, A.). In: <https://www.youtube.com/watch?v=wF-qSOtTKss>
- NASA. **Columbia Crew Survival Investigation Report**, SP-2008-565, NASA, 2008.
- NASA. **35 years ago: remembering Challenger and her crew.** In: <https://www.nasa.gov/feature/35-years-ago-remembering-challenger-and-her-crew/> , 2023.
- NASA. **Shuttle flyout.** In: https://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/flyout/multimedia/atlantis/2pass.html
- NBCNEWS. **Space Shuttle Challenger disaster devastated nation 30 years ago.** In: <https://www.nbcnews.com/slideshow/space-shuttle-challenger-disaster-devastated-nation-30-years-ago-n505606>
- NBC NIGHTLEY NEWS. <https://www.youtube.com/watch?v=yibNEcn-4yQ> , 2019.
- NEWS18. **Mass euthanasia of 27 monkeys in a day at Nasa research centre has left activists livid.** In: <https://www.news18.com/news/buzz/mass-euthanasia-of-27-monkeys-in-a-day-at-nasa-research-centre-has-left-activists-livid-3209990.html>)
- NEWSPAPERS. **Illustrated path of Space Shuttle.** In: <https://www.newspapers.com/clip/27297174/illustrated-path-of-space-shuttle/>
- NFK Editors. **Moon News: Orion Splashes Down, Private Lander Takes Off .** In: <https://newsforkids.net/articles/2022/12/13/moon-news-orion-splashes-down-private-lander-takes-off> , 2022.

NORTHROPGRUMMAN. **Splash down: why spacecraft return by sea.** In:

<https://now.northropgrumman.com/splashdown-why-spacecraft-return-by-sea/>

NYTIMES. **Nasa.** In: <https://www.nytimes.com/2008/12/31/science/space/31NASA.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=wF-qSOtTKss>

OREN, J. **How did the Space Shuttle launch work.** In: www.youtube.com/watch?v=oMeXcBk1x-c

PATHÉ, B. **Their last Countdown (1967).** In: <https://www.youtube.com/watch?v=7rkW59hUAdw>, 2014

PINTEREST. In: <https://br.pinterest.com/pin/436427020140122260/>

PINTEREST. In: <https://br.pinterest.com/pin/318911217345789250/>

PINTEREST. **Buran.** In: https://br.pinterest.com/pin/15481192460326563/feedback/?invite_code=cac39ae0c6c04f4fbe48d834ea74b5b4&sender_id=1112881895328213914

QUORA, **When will autopsy photos of the Apollo 1 astronauts be released, and in what manner are those records classified?** In:

<https://www.quora.com/When-will-autopsy-photos-of-the-Apollo-1-astronauts-be-released-and-in-what-manner-are-those-records-classified>

REALCLEARSCIENCE. **Only three humans have died in space: the story of Soyuz 11.** In: https://www.realclearscience.com/blog/2018/07/23/only_three_humans_have_died_in_space_the_story_of_soyuz_11.html

REDDIT. **Shuttle booster splashing down in the ocean.** In: https://www.reddit.com/r/space/comments/2ka8gc/shuttle_booster_splashing_down_in_the_ocean_os/

RFERL. **US-Russian space crew heading back to Earth after booster failure.** In: <https://www.rferl.org/a/u-s-russian-space-crew-heading-back-to-earth-after-booster-failure/29537768.html>

REPORT 1. **Report to the President by the Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident.** June 6th, 1986, Washington, D.C., 1986.

REPORT 2. **Columbia Crew Survival Investigation Report.** NASA, 2003.

REVERSE ENGINEERING. **O acidente com o Ônibus Espacial Columbia .** In: <https://www.youtube.com/watch?v=G3LXdprnj4g>, 2022.

ROGERS REPORT. **Challenger disaster.** Nasa, 1986.

SCHWARTZ, J. Report on Columbia Details How Astronauts Died. In: <https://www.nytimes.com/2008/12/31/science/space/31NASA.html> 2008.

SCRIBD. **What happened during the Challenger disaster.** <https://pt.scribd.com/article/486908633/What-Happened-During-The-Challenger-Disaster>

SIEGEL, E. **Today marks the anniversary of Neil Armstrong's near-fatal lunar landing Vehicle crash.** Forbes. In: <https://www.forbes.com/sites/startswithabang/2019/05/06/today-marks-the-anniversary-of-neil-armstrongs-near-fatal-lunar-landing-vehicle-crash/?sh=d1cbfe71ce33>, 2019.

SILVA, R.B. **Apenas três humanos morreram no espaço: a triste história da Soyuz 11 e sua tripulação que nunca voltou para a casa.** In: <https://universoracionalista.org/apenas-tres-humanos-morreram-no-espaco-a-triste-historia-da-soyuz-11-e-sua-tripulacao-que-nunca-voltou-para-casa/>, 2020.

SPACE FLIGHT OPERATIONS. **Contract Crew Escape Systems 21002.** United Space Alliance, Contract NAS9-20000, january 17, 2005.

SPACE SHUTTLE. [youtube.com/watch?v=oMeXcBk1x-c](https://www.youtube.com/watch?v=oMeXcBk1x-c)

SPACECENTRE. **The Soyuz disaster.** In: <https://spacecentre.co.uk/blog-post/the-soyuz-11-disaster/>

SPECTRUM. **The space Shuttle: a case of subjective engineering.** In: <https://spectrum.ieee.org/tech-history/heroic-failures/the-space-shuttle-a-case-of-subjective-engineering>

STACKEXCHANGE. **Challenger Shuttle could the crew have survived.** In: <https://space.stackexchange.com/questions/46673/challenger-shuttle-could-the-crew-have-survived>

STOCK. **Space Shuttle launch pad.** In: https://stock.adobe.com/br/search?k=space+shuttle+launch+pad&asset_id=574802359

STREAMS, KIMBER, **Visiting the formerly top secret russian spacesuit factory.** In: <https://laughingsquid.com/visiting-the-formerly-top-secret-russian-spacesuit-factory>, 2023

SUPER. **Apollo 1.** In: <https://super.abril.com.br/ciencia/apollo-1/>

TANKS IN SPACE. Subtitled last cockpit tape Shuttle Columbia accident + crew audio. In: https://www.youtube.com/watch?v=aIjiW8d_c6 , 2010.

TESSARI, J-P. Felix Baumgartem. Science & Nature. In: https://twitter.com/Sci_Nature0

THEGUARDIAN. 2001, A Space Odyssey: review Stanley Kubrick. In: <https://www.theguardian.com/film/2018/may/03/2001-a-space-odyssey-review-stanley-kubrick-1968>

VISUAL. **Challenger disaster.** In: <https://visual.ly/community/Infographics/transportation/challenger-disaster>)

WIKI. Ônibus espacial. In: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Columbia_\(%C3%B4nibus_espacial\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Columbia_(%C3%B4nibus_espacial))

WIKI 2 . Ônibus espacial Challenger. In: https://pt.wikipedia.org/wiki/Acidente_do_%C3%B4nibus_espacial_Challenger

WHITCOMB, D. **Divers find Challenger space Shuttle wreckage off Florida coast.** In: <https://www.reuters.com/world/us/divers-find-challenger-space-shuttle-wreckage-off-florida-coast-2022-11-10> , 2022.

Obs.: todos os acessos às referências sem ano dessa Bibliografia foram feitos nos meses de janeiro a abril de 2023.

