

Tradução organizada por Leda Leal Ferreira de artigo de Richard Feynman.

A iniciativa da Leda tem a ver com o fato de que em 2016 serão completados 30 anos do desastre.

A tradução inclui apresentação esboçada pela Leda.

**Richard Feynman: o olhar de um estranho na
investigação do acidente com o ônibus espacial
Challenger**

Apresentação

O artigo que ora apresentamos traduzido aos leitores brasileiros é “*sui generis*”, sob vários pontos de vista. Primeiro, porque foi escrito por um “Prêmio Nobel”. Richard Feynman (1918-1988) recebeu o prêmio Nobel de Física em 1965, por seus trabalhos na área de eletrodinâmica quântica. Segundo, porque além (ou apesar) de prêmio Nobel, Feynman era uma pessoa muito conhecida, não só como pesquisador - ele participou do projeto da primeira bomba atômica norte-americana- mas também como professor- suas aulas em várias universidades eram disputadíssimas; era uma personalidade brilhante e irreverente, com uma ampla gama de interesses. Terceiro, porque o assunto não diz respeito à física mas à investigação de um acidente: trata-se da participação de Feynman na Comissão Presidencial, instituída pelo então presidente norte-americano Ronald Reagan para investigar as causas da explosão do ônibus espacial *Challenger*, ocorrida no fatídico dia 28 de janeiro de 1986, no *Centro Espacial Kennedy*, da poderosa agência espacial *NASA*. Todos os sete astronautas que estavam a bordo morreram. Como o lançamento estava sendo televisionado, a comoção foi instantânea e geral. Em quarto lugar, porque o estilo do artigo foge completamente às convenções acadêmicas: escrito na primeira pessoa, Feynman descreve todos os percalços por que passou desde que foi chamado para participar da comissão oficial de investigação até o que ocorreu com o seu relatório final, cinco meses depois.

Tudo isto faz com que o seu texto seja literalmente extraordinário. Mas o motivo de o termos escolhido para tradução ultrapassa seu valor como documento histórico. Acreditamos que sua leitura seja útil para a reflexão atual sobre a origem e o desenvolvimento de grandes acidentes industriais, ou catástrofes industriais, ou ainda, “acidentes maiores” ou “acidentes ampliados”, como alguns os denominam, que continuam ocorrendo em todos os países, causando muitas vítimas e provocando grandes prejuízos materiais.

Neste sentido, o que aconteceu com a *Challenger* foi mais um caso entre vários do que um caso único. Como mostrou a investigação, a causa imediata ou direta que provocou a explosão - um problema na vedação de juntas de um anel do foguete- embora há muito tempo causasse apreensão para os que trabalhavam na construção da nave, era sistematicamente minimizada e desconsiderada pelos administradores do projeto. Aliás, o diálogo ocorrido entre os responsáveis gerenciais do projeto e o corpo técnico, momentos

antes da decisão de lançar o foguete, recuperado durante as investigações, é impressionante: os técnicos recomendando que o lançamento fosse suspenso e os administradores ridicularizando-os e forçando-os a mudar de opinião, a deixar de pensar como técnicos para pensar como administradores.

O artigo também é interessante por desmistificar a “cientificidade” de algumas idéias correntes na área de segurança de sistemas, como o mau uso de probabilidades no prognóstico de eventos complexos. Não deixa de ser significativo que um dos maiores cientistas do século escreva: ... “*um modelo computacional que determina o grau em que uma peça de borracha irá queimar em uma situação complexa é algo em que eu não acredito*”. E por mostrar como velhos preconceitos, como o de acusar os trabalhadores, coexistem com os mais altos símbolos de modernidade e continuam impregnando as análises sobre as causas e as responsabilidades dos acidentes.

Finalmente, o artigo é valioso por mostrar como funciona uma investigação oficial sobre um acontecimento de grandes repercussões e todas as dificuldades às quais seus membros são submetidos.

O trigésimo aniversário do acidente *da Challenger*, neste ano de 2016, é uma razão adicional para divulgar esse artigo.

O texto que originou esta tradução foi um artigo publicado na revista *Physics Today*, de fevereiro de 1988, com o título *An outsider's inside of the Challenger Inquiry*. Entretanto, também nos servimos de outra tradução, publicada em Portugal em 1994: trata-se da segunda parte do livro *Nem sempre a brincar, Sr. Feynman*, tradução do livro *What do you care what other people think?*, publicado em 1988 por Gweneth Feynman e Ralph Leighton. Esta segunda parte, com o título de *Sr Feynman vai a Washington investigar o malogro do vaivém espacial Challenger*, relata, ainda com mais pormenores, a participação de Feynman na Comissão Presidencial que investigava o acidente.

Leda Leal Ferreira

Richard Feynman: o olhar de um estranho na investigação do acidente com o ônibus espacial Challenger¹

Durante a investigação das causas técnicas do desastre com o Ônibus Espacial “*Challenger*”, o autor formulou algumas idéias sobre a *NASA*, e foi apresentado a algumas das armadilhas que existem em uma investigação oficial

Richard P. Feynman

Numa sexta-feira, alguns dias após o acidente da “*Challenger*”², recebi um telefonema de William Graham, o diretor interino da *NASA*. O sr Graham havia sido um de meus estudantes em *Caltech*³ e também na “*Hughes Aircraft Company*”, onde fiz uma série de palestras, e pensou que talvez eu pudesse ser útil na investigação. Quando eu soube que ela seria feita em Washington, minha primeira reação foi não aceitar, pois tenho como princípio não ir a nenhum lugar próximo a Washington, ou ter qualquer coisa a ver com o governo.

Então, telefonei para vários amigos, como Al Hibbs e Dick Davies, tentando achar uma boa desculpa para não aceitar; mas todos eles acharam que eu deveria aceitar. Em seguida, disse à minha esposa: “Veja, qualquer um pode fazê-lo. Eles podem arranjar outra pessoa”. “Não,” respondeu Gweneth, e explicou, de um modo que minha modéstia impede repetir, porque pensava que eu traria uma contribuição única. Mas eu acreditei nela e disse: “Está bem, aceito”.

Assim, no domingo, enquanto me preparava para telefonar ao Sr. Graham, anunciei a Gweneth: “Vou me ‘suicidar’ por seis meses. Não poderei trabalhar no problema de física que tem me divertido; por seis meses, não vou fazer nada a não ser trabalhar no ônibus espacial.” Gostaria que vocês entendessem minha atitude naquele momento: ainda não tinha compreendido que seriam necessários dois anos para fazer o ônibus voar de novo. Eu iria tentar trabalhar duro para que conseguíssemos corrigir tudo tão rápido quanto possível.

¹ Artigo publicado na Revista “*Physics today*”, fevereiro de 1988. © *Alumni Association, California Institute of Technology*. Tradução de Flora M. G. Vezzà e Aparecida Mari Iguti. Revisão de Leda Leal Ferreira. Uma versão um pouco diferente deste artigo, editado por Ralph Leighton, apareceu na revista “*Engineering and Science*” da *Caltech*, na edição do outono de 1987.

² N.T. Em 28 de janeiro de 1986, o ônibus espacial *Challenger*, da *NASA*, explodiu, logo após ser lançado, matando os seus sete tripulantes.

³ *California Institute of Technology*: Instituto Tecnológico da Califórnia. Instituição de ensino e pesquisa em ciências e engenharia de renome mundial, localizada em Pasadena, Califórnia. . <https://www.caltech.edu/content/caltech-glance>

No dia seguinte, segunda - feira, recebi um telefonema às 4 horas da tarde: “Sr. Feynman, o senhor foi aceito na comissão” que, a esta altura, era uma comissão presidencial, encabeçada pelo ex-Secretário de Estado William P. Rogers. A primeira reunião seria em Washington, na quarta-feira. Assim, na terça-feira, eu pedi a Al Gibbs para organizar um encontro no *J.P.L.*⁴ com pessoas que conhecessem o projeto do ônibus espacial, que pudessem me dar informações sobre ele. Eu quero registrar aqui que recebi uma cooperação incrível do *J.P.L.* e que as explicações que obtive foram excelentes.

Para prová-lo, vou mostrar a primeira página das anotações que tomei durante a sua apresentação.

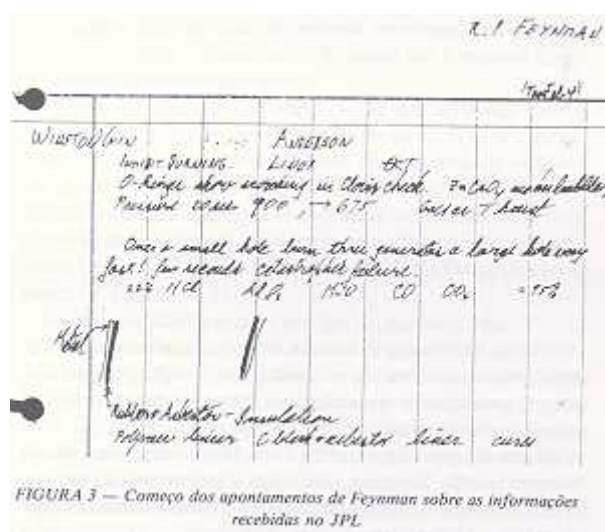


FIGURA 3 — Começo das apontamentos de Feynman sobre as informações recebidas no JPL.

Vocês verão que na segunda linha está escrito: “Anéis-O mostram chamuscamento no controle *clevis*”. Isto significa que gases quentes tinham queimado os anéis-O, por muitas vezes. Além disso, eles me disseram que a massa de cromato de zinco fazia bolhas, ou furos. Posteriormente, revelou-se que, na verdade, através daqueles furos, o gás entrara para desgastar os anéis-O. Assim, fui informado de qual era o problema com o ônibus espacial.

O pessoal no *JPL* deu-me muitas outras informações. Eles me falaram dos motores, que são equipamentos notáveis devido à engenharia envolvida, que é muito boa. São muito superiores ao normal: são os mais poderosos motores para seu peso que foram construídos até hoje. A *NASA* afirmava que os motores eram do tipo encontrado na engenharia comum, mas não são; o pessoal do *JPL* me contou também sobre alguns problemas dos motores. (Mais tarde, eu descobri que, a cada vôo, as pessoas que trabalhavam nos motores cruzavam os dedos em figa e que, no momento em que o ônibus explodiu, eles pensaram

⁴J.P.L.: *Jet Propulsion Laboratory*, Laboratório de Propulsão a Jato da *NASA*; é administrado pela *Caltech*.

que era devido aos motores. Mas o *replay* na tevê mostrou uma labareda saindo de um dos estágios do foguete de lançamento).

De qualquer modo, o importante é que fui informado. E isto foi feito com muita energia, como nos tempos de antigamente, em Los Alamos, várias pessoas falando: um sobre o foguete, a seguir sobre os motores e assim por diante: “nós não sabemos sobre isso, quem sabe é Lifer; vamos trazer Chuck Lifer para falar disso”. Foi uma instrução intensiva, o tipo de coisa que eu adoro, e eu absorvi toda a informação, como uma esponja. Fiquei pronto para ir a Washington. (Por falar nisso, eu peguei o trem “olho vermelho”, que atravessa o país, de forma que pudesse ficar lá na terça-feira e aprender sobre o ônibus espacial. Porém nunca mais peguei este trem: você fica muito sonolento quando chega).

Na quarta-feira, bem cedo, registrei-me no *Holiday Inn*. Tomei um taxi para ir à primeira reunião da Comissão e li o endereço do escritório do Sr. Rogers para o motorista. Partimos. Eu supunha que o escritório do Sr. Rogers ficasse perto do hotel (o hotel está localizado próximo ao Capitólio e de quase tudo que é grande) mas nós rodamos e rodamos, indo cada vez mais longe, a regiões cada vez piores, até que finalmente encontramos o lugar, pela interpolação de dois números: era um terreno baldio, sem número. E daí, o que fazer? Pedi ao motorista para voltar toda aquela distância até o hotel. (Enquanto tudo isso se passava, minha secretária recebeu um telefonema de Washington: “onde está ele?”). Aí, eu notei que meu hotel ficava em frente à *NASA*, do outro lado da rua. (Na verdade, em uma outra esquina, também ficava o local em que os escritórios da comissão foram posteriormente instalados.)

Pensei: “que diabos, a *NASA* é do outro lado da rua. Eu vou até a *NASA*. Alguém lá deve saber aonde é a reunião”. Fui até o escritório do Sr. Graham. Alguém sabia e me mostrou a sala, que estava lotada de gente. Havia luzes da televisão e tudo o mais, e tudo que eu podia fazer era me apertar no fundo da sala e pensar “como é que eu vou chegar lá na frente, que é onde eu deveria estar?” Isto me preocupou por um certo tempo, até que consegui ouvir um pouco do que eles estavam falando. Era de um assunto completamente diferente!

Neste meio tempo, alguém do escritório do Sr. Graham, depois de alguns telefonemas, havia descoberto a localização do escritório do Sr. Rogers e veio me buscar. Finalmente consegui chegar ao escritório de advocacia do Sr. Rogers, a alguns quarteirões dali, e aí encontrei os outros participantes da comissão. Ao longo dos trabalhos da comissão, todos nos tornamos muito bons amigos. Trabalhamos muito duro juntos, com exceção do Sr.

Chuck Yeager, que só veio a uma reunião por aproximadamente meia hora e retirou-se da comissão, para ficar livre para criticá-la. Esta primeira reunião foi o começo de uma comissão muito eficiente.

Primeiras reuniões

Esta primeira reunião foi apenas de apresentações. Mas o Sr. Rogers chegou a discutir a importância de nossas relações com a imprensa, e sobre como deveríamos ser cuidadosos com ela. “Eu conheço Washington”, ele repetia. “Nós temos que conduzir os trabalhos de uma forma organizada e tomar cuidado com os vazamentos para a imprensa”.

A reunião seguinte, na quinta-feira, era uma reunião pública, para começar de bem com a imprensa. A propósito, nós chegamos àquela reunião em limusines. Nunca mais nos mandaram limusines, mas neste dia chegamos em limusines. Eu sentei no banco dianteiro. O motorista me disse: “me parece que um monte de gente muito importante, pessoas famosas, está vindo para esta reunião...”

“É, acho que sim...”

“Sabe, eu coleciono autógrafos”, ele disse. “O Sr. poderia me fazer um favor?”

“Claro”, respondi. Já ia pegando minha caneta quando ele continuou, “e encontrar o Sr. Armstrong para mim, para eu pegar seu autógrafo?” Sempre há pessoas mais importantes. Aquela reunião foi uma sessão pública de informação. Um resumo informativo numa reunião pública é quase insuportavelmente ineficaz, porque pessoas fazem perguntas, que não são as perguntas que você quer fazer, e você tem que ficar sentado e agüentar até o fim. É muito ineficaz, e eu comecei a aprender como essas coisas podem ser chatas. Os oficiais da *NASA* estavam falando apenas sobre uma fração de tudo o que eu tinha aprendido no *JPL* dois dias antes.

Todos nós tínhamos vindo à reunião em limusines e quando saímos algumas delas ainda estavam lá. Um dos membros da Comissão era um general, General Kutyna, que parecia muito bonito e impressionante em seu uniforme. Mas o que me impressionou foi sua pergunta: “Onde fica a estação de metrô mais próxima?” Gostei dele imediatamente e depois descobri que, neste caso, meu julgamento fora excelente.

Naquela noite, anotei num papel o tipo de questões que, na minha opinião, nós deveríamos colocar, e todas as coisas que eu queria estudar. Fiz um esboço de tudo, esperando ver o que o resto da comissão queria fazer na reunião seguinte.

O dia seguinte, sexta-feira, foi mais produtivo. O General Kutyna nos apresentou, em grandes detalhes, o que era uma investigação sobre um acidente, usando, como exemplo, o caso do míssil *Titan*. Eu fiquei muito impressionado e feliz por descobrir que a maioria das minhas questões *era* do tipo das questões que se deve ter, exceto que a investigação deveria ser feita de maneira muito mais metódica do que eu tinha imaginado.

No fim deste discurso, o Sr. Rogers, que não é um homem técnico, disse: “sim, sua investigação foi um sucesso estrondoso, mas nós não podemos usar estes métodos no nosso vôo porque não podemos obter tantas informações quanto vocês obtiveram sobre o míssil.” Evidentemente isto era falso, porque o ônibus espacial, pelo fato de carregar pessoas, era monitorado muito mais cuidadosamente do que o *Titan*, que não era tripulado, de modo que teríamos muitíssimo mais informações do que eles tiveram. Não havia nenhuma dúvida de que poderíamos fazê-lo.

Na reunião o Sr. Rogers perguntou quanto tempo cada um de nós poderia dispor para trabalhar na comissão. Muitos dos membros eram aposentados, e podiam dispor de 100% de seu tempo. Eu também disse que podia dispor de 100%, pois tinha organizado tudo aqui em *Caltech*. (Ninguém em *Caltech* nunca disse uma palavra no sentido de que eu estivesse me esquivando de meu trabalho, e eu lhes sou grato por isso).

Tentei muito conseguir alguma coisa para fazer. Expliquei que reuniões públicas não funcionavam para mim; eu precisava falar diretamente com o pessoal técnico. O Sr. Rogers explicou-me que viajaríamos para o Centro Espacial *Kennedy*, na Flórida, na próxima quinta-feira. Aí começaríamos nossa investigação.

Na próxima quinta-feira? Eu queria começar muito antes e continuava explicando que eu poderia trabalhar muito mais eficientemente se fosse sozinho e conversasse diretamente com as pessoas, mencionando outras coisas que gostaria de fazer. Então, a reunião era interrompida com um recado para o Sr. Rogers, ou alguma outra coisa. Ele lia o recado - enquanto isso, vários outros membros da comissão sussurravam para mim: “se você conseguir algo, eu gostaria de trabalhar com você” - levantava a cabeça, aparentemente esquecido do que eu ia dizendo, e chamava alguma outra pessoa. Quando eu conseguia novamente a palavra, começava a dizer tudo outra vez, e outro “incidente” ocorria. A reunião foi interrompida enquanto eu ainda estava falando, e as últimas palavras foram do Sr. Armstrong, o vice-presidente da comissão. Ele disse que nós não faríamos nenhum trabalho de investigação detalhada. Bom, a única coisa em que eu sou bom é em trabalhos detalhados!

Fiquei arrasado, deprimido e muito incomodado. Após a reunião, fui falar com o Sr. Rogers: “olhe”, eu disse, “nós não temos nada para fazer nos próximos cinco dias!”

Ele disse, “O que o Senhor faria se não estivesse na comissão?”

“Eu iria para Boston, dar consultoria à *Thinking Machines Company*.”

“Bem, vá para Boston, para a sua consultoria, e volte em cinco dias.”

Eu não conseguia engolir aquilo. Estava tenso como uma mola, pronto para começar a trabalhar. Tinha planejado “me suicidar” - não fazer nada a não ser trabalhar na comissão - por seis meses, e não tinha nada para fazer. Fiquei muito deprimido e saí daquela reunião me sentindo péssimo.

O resumo da NASA

Então, tive uma idéia. Telefonei para o Sr. Graham e disse: “escute, Bill, nós não temos nada para fazer por *cinco dias*! Eu quero começar! Eu quero FAZER alguma coisa!”

Ele me respondeu: “Claro! Você poderia ir para *Johnson*, onde eles fazem a telemetria; você poderia ir para *Marshall*, onde eles fazem os motores; ou você poderia ir a *Kennedy*”.

Não queria ir a *Kennedy*, porque poderia parecer que eu estava tentando conseguir informações antes do restante da comissão. Não era isso o que eu estava tentando fazer; só queria começar. Sally Ride⁵ tinha dito que gostaria de trabalhar comigo se eu conseguisse algo para fazer, e eu sabia que ela estava em *Johnson*, então eu disse que iria para lá.

O Graham disse: “Está bom, pode ir. Eu conheço o David Acheson, que está na comissão. Ele é um bom amigo do Rogers. Vou ligar para ele e ver o que ele acha”. Mais ou menos meia hora depois, o Sr. Acheson me liga: “Eu acho que é uma ótima idéia, mas não consigo convencer o Rogers. Ele se recusa a dizer por que ele é contra, e eu simplesmente não consigo descobrir, porque não consigo convencê-lo de que você devia começar.”

Enquanto isso, o Sr. Graham imaginou uma forma de satisfazer a todos: ele traria gente à sede da NASA, lá em Washington, para me fazer um resumo informativo no dia seguinte, sábado. Mas o Sr. Rogers me ligou e disse que não queria que eu fizesse isso. Ele ficava explicando que tínhamos que prosseguir de maneira organizada. Eu tentava explicar como alguém técnico podia falar com outros técnicos e conseguir informações muito rapidamente, e que eu queria FAZER alguma coisa! Queixei-me de que nós tínhamos tido

⁵ Sally Ride foi a primeira mulher norte-americana no espaço.

várias reuniões até então, e que ainda não havíamos discutido quem ia fazer o quê, ou como iniciar a investigação.

O Sr. Rogers disse: “bem, você quer que eu incomode todo mundo e os reúna novamente na segunda feira para discutir isso?”

Eu disse: “sim!”

Aí, ele mudou de assunto: “eu ouvi dizer que você não gosta do seu hotel. Deixe-me mudá-lo para um bom hotel”.

Eu lhe disse que estava tudo bem no hotel, que estava totalmente satisfeito com ele. Eu só queria trabalhar! Mas ele tentou de novo, e eu tive que dizer: “Sr. Rogers, não estou interessado em meu conforto pessoal, apenas em minha capacidade de fazer alguma coisa!”

Ele disse: “está bem, vá para a *NASA*. Está bem”. E assim nossa conversa terminou.

Então, eu fui. Durante todo o dia na *NASA*, deram-me informações sobre os motores e sobre os lacres. O resumo sobre os lacres foi feito pelo Sr. Weeks. Foi uma continuação da apresentação que eu havia tido no *JPL*, mais pormenorizada. [O Sr. Weeks mostrou-me fotografias de vazamentos em vôos anteriores, aquilo a que os engenheiros davam o nome de “infiltração” e uma mancha escura por trás de um anel-O, o local por onde o gás aquecido saía e o que chamavam de “erosão”, em que o anel-O se apresentava um pouco queimado. Mostrou-me um gráfico de todos os vôos, com a maior ou menor gravidade da infiltração e da erosão em cada um deles]. E como a revisão de preparo de cada vôo havia discutido estas informações e decidido que estava tudo bem para decolar.

Ao fim deste longo relatório sobre os problemas dos lacres, havia uma página com recomendações. É assim que toda a informação é comunicada na *NASA*, escrevendo tudo numa lista ao lado de bolinhas pretas, chamadas “marcadores”.

Recomendações

- A falta de um bom lacre secundário na junta de campo é muito grave. Meios de reduzir seus efeitos devem ser incorporados assim que possível para reduzir o perigo.
- É necessário estabelecer as condições de fluxo nas zonas da junta, segundo modelos de fluxo frio, durante a ignição e o funcionamento do motor, para se eliminar a erosão do anel-O.
- Teste estático QM-5 deverá servir para se encontrar uma alternativa ao único material de revestimento da junta (pasta de amianto aplicada no vácuo), a testar em vôos sucessivos, a fim de se salvaguardar o programa de vôo.
- VLS-1 deverá usar em todas as juntas o único material de revestimento testado em vôos (pasta de amianto Randolph aplicada no vácuo).
- É necessário realizar testes adicionais de calor e frio em escala mais reduzida, para melhorar o modelo analítico do anel-O e para o estabelecimento de margens de segurança para os anéis-O afetados.
- A análise dos dados disponíveis revela existir segurança suficiente para a continuação dos vôos nestes moldes, desde que se proceda à verificação de vazamentos em todas as juntas com uma pressão de estabilização de 200 psig, as zonas de retenção não se encontrem afetadas e os anéis-O satisfaçam os requisitos de compressão.
- É necessário desenvolver todos os esforços no sentido de se eliminar a erosão do lacre do SRM.

Figura 2: O relatório da NASA, com recomendações, que foi mostrado a Feynman. Ele descobriu uma contradição entre o primeiro e o sexto pontos, como mostram os grifos por ele feitos.

Quando olhei para as recomendações, o que me chamou a atenção foi a contradição entre dois dos marcadores. O primeiro dizia: “*A falta de um bom lacre secundário na junta de campo é muito grave. Meios de reduzir seus efeitos devem ser incorporados assim que possível para reduzir o perigo*”. A seguir, na mesma página, o relatório dizia: “*a análise dos dados disponíveis indica que é seguro continuar a voar com o projeto atual...*” - com algumas outras condições, como usar 200 libras de pressão no teste de vazamento. (Aliás, descobrimos, posteriormente, que o próprio teste de vazamento estava causando os buracos na massa de vedação, e era parte da causa da falha dos lacres!)

Eu indiquei esta contradição e perguntei: “Que análise dos dados?”. Era um tipo de modelo computacional. Um modelo computacional que determina o grau em que uma peça de

borracha irá queimar em uma situação complexa como essa é algo em que eu não acredito! Também descobri que os assuntos que estavam causando preocupação só eram discutidos na “revisão de preparo de vôo”, quando eles estavam decidindo se o vôo ocorreria ou não. Apesar de haver muitas considerações na decisão sobre voar ou não, eles abordavam estes assuntos críticos apenas nestas circunstâncias; no período entre os vôos, não havia discussão sobre o problema, sobre como estava indo, ou se havia algum progresso.

Assim, o que realmente estava ocorrendo era que a *NASA* havia desenvolvido uma atitude: se os lacres vazavam um pouco e o vôo era bem sucedido, isto significava que a situação dos lacres não era séria. Assim, os lacres podiam vazarem e tudo estaria bem, não era tão grave.

É claro que esta atitude é extremamente perigosa. Um ou dois lacres em cinco vazarem, e apenas parte do tempo, é obviamente uma questão probabilística, uma coisa que não se pode controlar, uma incerteza. E *não é* óbvio que no vôo seguinte a incerteza não irá bater um pouco mais próximo, estatisticamente, e o lacre falhar. Tente jogar uma roleta russa da seguinte maneira: você puxa o gatilho e a arma não dispara. Portanto, deve ser seguro puxar novamente o gatilho. Certo?

Borracha quebradiça

Na manhã seguinte, domingo, o Sr. Graham levou-me com sua família ao *National Air and Space Museum*. Lá assistimos a um filme sobre a *NASA*, e ele era tão bem feito que eu quase chorei ao ver todas as pessoas envolvidas em cada nível, como todos pareciam entusiasmados e como eles estavam ansiosos para fazer todas as coisas funcionarem. Aquilo me deixou ainda mais determinado a ajudar a resolver tudo o mais rápido possível, e a falar com os encarregados da montagem do ônibus espacial, os engenheiros e todo mundo na base da hierarquia.

Mais tarde naquele dia, o general Kutyna telefonou-me. “Eu estava trabalhando no meu carburador e pensando...: você é um catedrático; qual é, na sua opinião, o efeito do frio nos lacres de borracha?”

Imediatamente, percebi no que ele estava pensando. Quando o ônibus voou, a temperatura era de 29° F (2 ou 3 graus C negativos) e o lançamento anterior mais frio havia sido à 53°F (11 graus C). Respondi-lhe: “Você sabe tão bem quanto eu, ela fica dura e perde a elasticidade”. Aquilo me deu uma pista. Era tudo o que ele tinha a me dizer, uma pista pela qual eu recebi todos os créditos posteriormente. Mas foi idéia dele. O professor de física

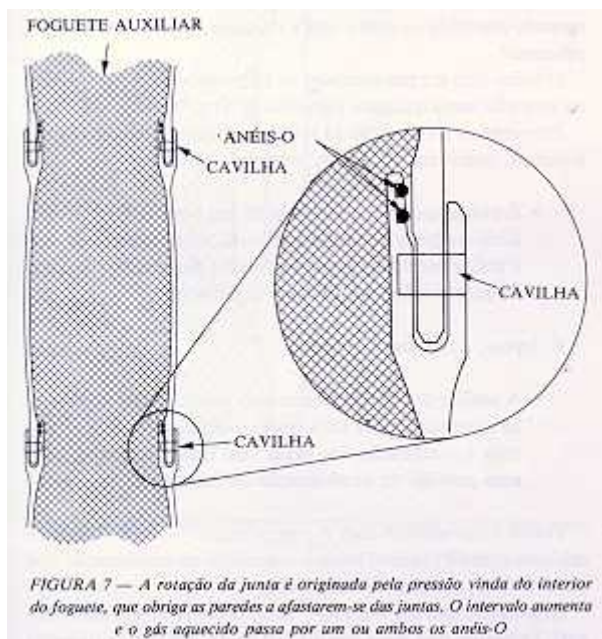
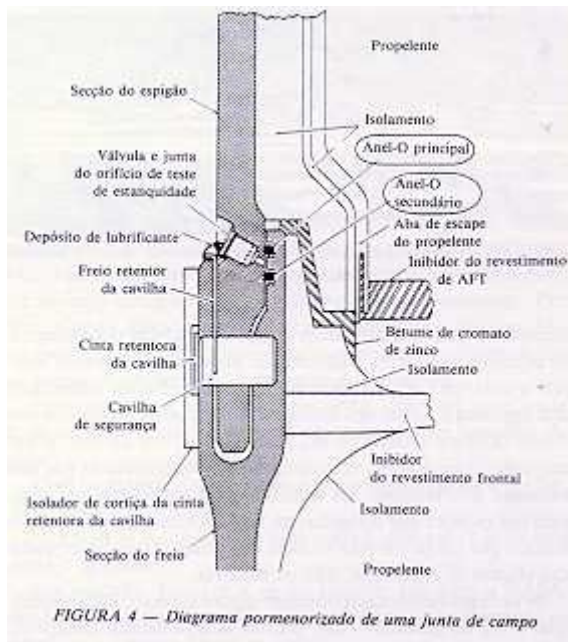
sempre deve ser orientado sobre o que procurar. Ele apenas usa os seus conhecimentos para responder às questões.

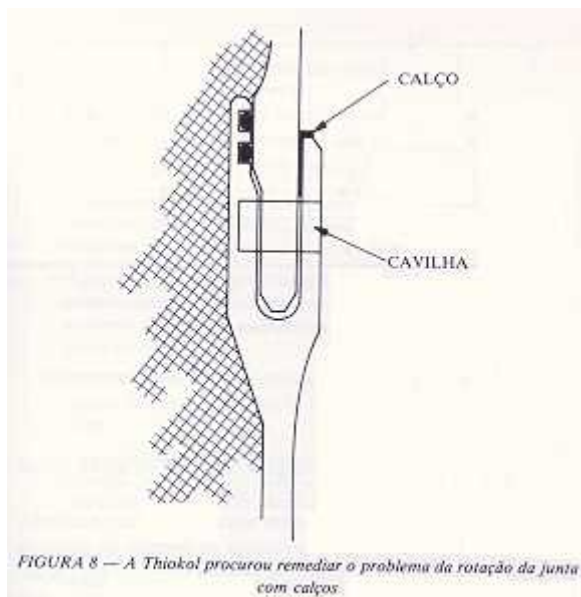
Naquele fim-de-semana, o *New York Times* publicou um artigo de um homem chamado Cook, que trabalhava no departamento de orçamento da *NASA*. O Sr. Cook havia escrito uma carta a seu superior um ano antes, dizendo que os engenheiros sabiam que havia algo errado com os lacres, que eles poderiam ter que resolver o problema, e que poderia ser caro. O Sr. Cook estava delineando o orçamento e recomendava que a *NASA* se preparasse para a contingência de precisar de uma grande soma de dinheiro para resolver este problema dos lacres.

Isto saiu no *New York Times*, e por isso tivemos que fazer uma reunião especial. Você sabe, é a imprensa e nós temos que nos igualar à imprensa. Assim, na segunda-feira, todos foram chamados para uma reunião. Mas torno a lembrar: ainda não tínhamos tido reuniões em que fizéssemos algum trabalho de fato. Nesta reunião de emergência, obtivemos algumas informações interessantes: o pessoal da *NASA* que estava assistindo às imagens de TV do lançamento vira indicações preliminares de que havia fumaça saindo de uma das juntas, no momento exato do lançamento.

Mais surpreendente ainda era um relatório de um engenheiro chamado MacDonald, da *Morton Thiokol Company*, que veio sozinho e por sua iniciativa para a reunião. Ele disse que os engenheiros da *Thiokol* haviam notado a baixa temperatura, que eles estavam preocupados com as juntas. Além disso, eles sabiam que, quando está frio, a graxa nas juntas fica muito viscosa, de modo que não consegue mover-se rápido o suficiente para fechar os vãos. Imediatamente antes do voo, os engenheiros estavam muito, muito preocupados com isso e alertaram o pessoal de Marshall de que eles não deveriam voar abaixo de 53°F de temperatura, e que naquela noite ela era de 29°F. Mas disseram a eles que aquela decisão era lamentável, que eles deveriam repensar, e eles receberam algumas razões aparentemente lógicas.

Posteriormente, descobrimos que nas discussões na *Thiokol*, os engenheiros ainda estavam dizendo: “nós não deveríamos voar”, mas os gerentes tomaram a decisão de continuar e lançar o voo, pela razão, aparentemente lógica, que era ... não faz mal, eu nunca poderia entendê-la!





De qualquer modo, naquela manhã eu tinha feito a pergunta sobre a elasticidade da borracha e, como sempre, a *NASA* foi muito cooperativa em me passar informações. Na mesma tarde, eu recebi um calhamaço de papéis, cuja primeira página dizia: “o Sr. Feynman, da comissão, quer saber sobre a elasticidade da borracha dos anéis-O em baixas temperaturas...”, e tinha sido enviada ao próximo subordinado. O subordinado escreve para outro subordinado: “o Sr. Feynman, da comissão presidencial, quer saber...”, e assim por diante hierarquia abaixo. No meio, havia um papel com a resposta, e a seguir uma série de papéis - os papéis da submissão - que explicavam: “esta é a resposta à sua solicitação de tal e tal hora.”

Recebi este calhamaço, como um sanduíche, e no meio dele a resposta era dada, mas, à pergunta errada! A resposta que eu recebi: quando você aperta a borracha por duas horas em uma temperatura e pressão determinadas, o que acontece quando você solta - quanto tempo ela leva para retornar a seu normal - em *horas*. E eu estava falando em *frações de segundo* durante o lançamento, quando o vão na junta de campo está mudando subitamente. Assim, a informação era inútil.

Experimento público

Íamos ter uma reunião pública no dia seguinte. Já estava ficando cansado destas reuniões públicas, que demoravam muito tempo e eram de utilidade limitada. Pensei: “agora nós vamos ter outra reunião aberta, e vamos dizer exatamente as mesmas coisas que dissemos na reunião fechada”. (Era uma boa idéia: o Sr. Rogers queria manter o público informado,

e cada vez que nós descobríamos algo, tínhamos rapidamente uma reunião aberta para divulgar a nova informação). Mas eu pensei: “é como um teatro: nas reuniões abertas nós temos que escutar as mesmas coisas que ouvimos nas reuniões fechadas, e não aprenderemos nada de novo. E a informação que eu obtive da *NASA* sobre a borracha é inútil.”

Mais tarde, durante meu jantar, me sentindo horrível, olhei para a mesa e vi um copo de água gelada. Pensei: “droga, eu posso descobrir sobre aquela borracha *sem* enviar recados à *NASA* e receber de volta um calhamaço de papel; tudo o que tenho a fazer é conseguir uma amostra da borracha, metê-la em água gelada e ver como ela responde quando eu a aperto! Deste modo, posso mostrar alguma coisa *nova* numa reunião pública!”

Pedi à *NASA* uma amostra da borracha mas foi impossível obtê-la; eles são muito, muito cuidadosos, e cada peça de material é verificada e contada e tudo o mais: você não pode simplesmente ir ao almoxarifado e pegar uma peça de borracha. Mas o Sr. Graham lembrou que havia duas peças da borracha no modelo da junta de campo que a *NASA* tinha nos mostrado antes, e que iria usar na reunião aberta. As duas peças de borracha eram verdadeiras, com mais ou menos uma polegada e meia de comprimento cada uma. Nós decidimos nos encontrar no escritório do Sr. Graham na manhã seguinte, antes da reunião, para ver se eu conseguia desmontar o modelo. (Na reunião aberta eu teria que desmontar o modelo rapidamente).

Na manhã seguinte, me levantei cedo. Saí do hotel - está nevando um pouco - vestido de terno porque depois iria à reunião aberta. Apareceu um táxi e eu disse ao motorista: “quero ir a uma casa de ferramentas”. Ele respondeu: “uma casa de ferramentas? Não há casas de ferramentas por aqui. O Capitólio é logo ali, estamos no coração de Washington”. Mas daí ele se lembrou de onde tinha visto uma e fomos até lá. Não abria antes das 8:30 -eram mais ou menos 8:15. Eu esperei na porta, de terno e gravata, um estilo que eu tinha assumido desde que chegara a Washington, para me movimentar entre os nativos sem ser muito aberrante. Os ternos que os nativos usam dentro dos prédios (que são todos bem aquecidos) são suficientes para andar de um prédio para outro, ou de um prédio para um táxi, se a distância for muito grande (todos os táxis são aquecidos). Mas observei que os nativos parecem ter um estranho medo do frio: sobre o terno eles vestem sobretudos, se quiserem andar na rua. Eu ainda não tinha comprado um sobretudo, portanto estava muito visível, em pé, do lado de fora da loja de ferramentas, na neve. Quando a loja abriu, comprei

algumas chaves de fenda, alicates, pinças e por aí afora, porque não tinha certeza do que exatamente iria precisar.

Quando cheguei à *NASA*, verifiquei que as pinças eram muito grandes para serem colocadas dentro de um copo. Para conseguir algumas pinças pequenas fui ao departamento médico da *NASA*, onde já havia estado várias vezes (meu cardiologista estava tentando cuidar de mim por telefone). Fui para o escritório do Sr. Graham. Ele foi muito cooperativo, como sempre, e vimos que eu conseguia abrir o modelo com facilidade apenas com um alicate. Aí estava a borracha, bem na minha mão, e embora eu soubesse que seria mais dramático e honesto fazer a experiência diretamente na reunião, eu trapaceei, não podia resistir, e a fiz. Além do mais, seria um grande fracasso se não funcionasse! Assim, seguindo o exemplo de ter uma reunião fechada antes de uma reunião aberta, devo confessar que descobri que funcionava antes de fazê-lo na reunião aberta.

No decorrer da reunião, eu queria, a todo momento, fazer minha experiência, mas o General Kutyna, que estava sentado ao meu lado, me aconselhava. Ele já tinha me aconselhado antes. Na primeira reunião pública ele inclinou-se para mim e disse: “co-piloto para piloto: penteie o cabelo”. Agora ele estava dizendo: “co-piloto para piloto: ainda não!”



FIGURA 15-A — A demonstração do anel-O e da água gelada. (© MARILYNN K. YEE, NYT PICTURES.)

Quando ele me disse: “agora!”, eu fiz a experiência, e tudo correu bem. Como vocês provavelmente sabem, eu demonstrei que a borracha não tinha elasticidade nenhuma quando era apertada naquela temperatura, e que muito provavelmente isso era uma causa parcial do acidente. Posteriormente, todos nós concordamos que isso era de fato verdadeiro.

Na quarta-feira, 12 de fevereiro, nós não tínhamos reunião, então escrevi uma carta para casa. Disse à minha mulher que ela estava certa, que de certa forma eu *era* único. Um dos aspectos em que eu era único era o fato de que não estava ligado a nenhuma organização - não tinha fraquezas deste ponto de vista. Estava, é claro, ligado a *Caltech*, mas isso não era uma fraqueza! Por exemplo, o General Kutyna era da Força Aérea, assim não podia dizer tudo exatamente do jeito que queria, pois poderia entrar em choque com a Força Aérea. Sally Ride ainda tinha um emprego na *NASA*. Todo mundo na Comissão tinha algum tipo de conexão, e por isso algum tipo de fraqueza, mas eu era aparentemente inatacável.

O General Kutyna avisou-me de que quando eles voam, seguem uma regra: “verifique 6 horas”. A maioria dos aviões é derrubada deste jeito: um piloto está voando, checando em todas as direções e sentindo-se muito seguro. Um avião aparece atrás dele (na posição “6 horas”; “12 horas” é bem à sua frente), e ele é atingido. Então você sempre tem que checar 6 horas. Eu comecei a escrever: “cheque 6 horas” em cada folha de anotações que eu tinha e desenvolvi uma espécie de paranóia.

Por exemplo, eu tenho uma prima que já havia trabalhado na *Associated Press*, como correspondente na Casa Branca, e que está atualmente na *CNN*; eu também tenho um sobrinho que trabalha para o *The Washington Post*. Quando tinha algum tempo livre, costumava visitá-los, para jantar. Era muito agradável, mas sempre tivemos cuidado de nunca discutirmos nada sobre o que eu estava fazendo, pois eu não queria ser responsável por nenhum vazamento. Eu disse ao Sr. Rogers que tinha estas relações com a imprensa. Ele sorriu e disse: “Está tudo bem. Eu costumava trabalhar para tal e tal” - ele também tinha algumas ligações com a imprensa; não havia problema. Mas minha paranóia tinha se desenvolvido a tal ponto que eu pensei, “isto foi muito fácil; ele vai me pegar por aí!” Então, parei de ver minha prima. Isto foi estúpido: não houve nenhum problema; era apenas o meu estado de espírito.

Entretanto, continuei falando com a imprensa, abertamente, sempre dando meu nome. Não queria nenhum truque sobre “fontes não identificadas”. Minha prima tinha me ensinado que não se deve ter medo da imprensa, o que se mostrou verdadeiro, confirmado várias

vezes. A primeira foi quando o *The New York Times* publicou um artigo, depois de eu ter feito a experiência da água gelada; durante a reunião pública. Eu não tivera tempo para explicar qual era seu significado e importância, mas *eles* explicaram tudo perfeitamente.

Numa outra ocasião, a *NBC* me entrevistou - eles me pegaram no saguão do hotel e me entrevistaram por 15 ou 20 minutos, a repórter foi muito rápida e simpática e eu falei da minha maneira habitual, cuidadosa, profissional, com todos os senões e considerações. Mais tarde, assisti à entrevista no “Jornal da Noite”: apareci por aproximadamente dois segundos - dizia algo e PLOF! acabava. Mas foi bom: a reportagem ia na linha daquilo que eu havia dito, e a repórter explicitou o contexto, dizendo coisas como “o professor especificou que isto era apenas o resultado de um modelo matemático e poderia ser incerto”, coisas assim. Foi excelente, curto, cuidadosamente editado e excelente - exceto por uma coisa: como não tenho experiência, não olhei para a câmera quando falei. Assim, parecia que eu estava falando com meu cachorro.

Visita a *Kennedy*

Finalmente, na quinta feira, fomos a *Kennedy*. A apresentação principal passou-se como eu tinha imaginado: não conseguimos nenhuma informação útil. Mas antes dela, tivemos duas reuniões nas quais obtivemos muitas informações. Tivemos a oportunidade de olhar detalhadamente às cenas da fumaça, o que tornou muito visível que o vazamento de gases através da junta tinha começado imediatamente após a ignição, interrompera-se temporariamente, e finalmente terminara com uma chama. Nós também obtivemos todos os detalhes das discussões com a *Thiokol—Marshall*, nas quais os engenheiros nunca mudaram de opinião; apenas o gerente mudou, sob pressão da *Marshall*.

Após dois dias em *Kennedy*, supunha-se que fôssemos retornar a Washington. Eu pensei cá comigo: “agora estou aqui. Finalmente tenho a chance de falar com todo mundo.”

Avisei ao Sr. Rogers que queria ficar em *Kennedy*, e ele disse: “Preferiria que o Sr. não ficasse, mas é claro que o Sr. pode fazer o que bem quiser.”

“Então está bom”, respondi, “eu fico.”

E fiquei em *Kennedy* por mais alguns dias. Andei por lá e descobri mais a respeito das fotografias; através da “equipe do gelo”, descobri que havia gelo na plataforma de lançamento. Eles me contaram que a leitura da temperatura havia apresentado alguns números estranhos na manhã do lançamento, e discutimos o que poderia estar errado.

Visitamos as pessoas que tinham feito o instrumento, e tentamos descobrir como ele era construído, de modo que pudéssemos entender os erros, mas de repente, eles se fecharam, obviamente com medo de serem responsabilizados pelo desastre com o ônibus espacial.

Expliquei ao fabricante que os instrumentos não haviam sido utilizados de acordo com o manual: eles haviam sido usados muito pouco tempo depois de terem sido retirados da caixa [e o manual dizia que o instrumento devia ser colocado no local pelo menos 20 minutos antes de poder ser utilizado]. E que nós queríamos saber o efeito deste uso errôneo sobre as leituras aparentes da temperatura. Finalmente, consegui que eles me explicassem tudo e fizemos uma experiência na qual reproduzimos as circunstâncias, e corrigimos as leituras de temperatura. (Eu só estou tentando explicar que estava trabalhando bastante).

Quando eu estava em *Kennedy*, aconteceu outra coisa. Havia apostado que o Sr. Rogers tentaria me imobilizar, sobrecarregando-me de trabalho, dando-me um monte de coisas para fazer. Foi isso que aconteceu; a equipe da comissão em Washington ficava me enviando coisas para fazer. Mas quando as instruções chegavam, eu já as tinha feito. Eles não perceberam o quanto sou rápido em conseguir informação e entendê-la para continuar num próximo assunto.

A única coisa que eu não tinha feito estava relacionada a certo memorando cuja existência eles tinham descoberto. Durante a montagem dos propulsores sólidos do foguete, alguém tinha escrito de forma cavalheiresca: “Ao ataque!”. A equipe não gostou da atitude dos trabalhadores, e queria encontrar aquele pedaço de papel. A essa altura, já sabia quanto papel havia na *NASA*; fiquei certo de que era um truque para que me perdesse e não fiz nada a respeito.

Encontrando os trabalhadores

Falei com o Sr. Lamberth, que era o encarregado da montagem dos foguetes auxiliares de combustível sólido (SRBs). Ele me contou sobre seus problemas com os operários. Havia ocorrido um pequeno acidente, e ele tivera que puni-los por causa disto; além disso, contou-me sobre outro incidente: os SRBs ficavam um pouco tortos após cada uso. Para corrigir o problema, os trabalhadores usavam uma máquina: uma biela com uma prensa hidráulica numa ponta e uma porca na outra. De acordo com o manual, eles deveriam utilizar no máximo 1250 libras [psi - por polegada quadrada]. Mas como não conseguiram apertá-la o suficiente com esta pressão, apertaram a porca do outro lado da vareta. Isto

deixou o foguete com a forma certa, mas um dos operários notou que a pressão havia subido a 1350 libras. Bem, o indicador mede a força aplicada a uma vareta nas duas pontas, por isso, é claro que apertar a porca aumenta a pressão além de 1250 libras. Por isso, o Sr. Lamberth advertira os operários para seguir o manual. Ele queixou-se de que os trabalhadores não eram mais o que costumavam ser e ficou muito perturbado.

Fui a campo falar com os trabalhadores. Antes de tudo, fiquei surpreso ao descobrir que o supervisor não sabia desta advertência. Ele sabia sobre as 1350 libras, mas não sabia que tinha sido advertido. Ele disse: “não, nós não fomos advertidos; nós estávamos seguindo os procedimentos do manual.” E o manual dizia para apertar a porca depois que a pressão atingisse 1250 libras - dizia isso com todas as letras! O manual não dizia que apertar a porca faria subir a pressão; as pessoas que escreveram o manual provavelmente não estavam inteiramente conscientes disso. Assim, os operários tinham, de fato, seguido perfeitamente o manual. (Posteriormente, descobri que, como resultado, o manual foi revisado para permitir pressões mais altas, e que apenas o macaco hidráulico deveria ser usado para aumentar a pressão. O procedimento de apertar a porca foi eliminado.)

Descobri que o Sr. Lamberth não sabia realmente o que acontecia com seus subordinados. Ele disse que advertiu os trabalhadores, mas nunca falou diretamente com eles. Ele pensava que seus operários não eram mais o que costumavam ser, mas afirmo a vocês que não era assim. Eles tinham muitas informações, mas nenhum meio de comunicá-las. Os operários sabiam muito. Eles conheciam os problemas, e tinham todo o tipo de idéias para resolvê-los, mas ninguém lhes dava muita atenção. E o motivo disso era que todas as observações tinham que ser relatadas por escrito, e muitos destes operários não sabiam escrever bons memorandos. Mas eles tinham um bom conhecimento, trabalhavam duro e eram muito entusiasmados.

Enquanto eu estava fazendo meu trabalho em *Kennedy*, o Sr. Rogers estava em Washington sendo sabatinado por um comitê do Congresso. (O Congresso estava decidindo se deveria instituir sua própria investigação sobre o acidente). O senador Hollings disse: “Então, quem vocês têm na sua comissão? Vocês têm astronautas, um prêmio Nobel, alguns empresários e advogados. O que vocês realmente precisam é de alguém de calça “jeans”, que vá lá dentro de *Kennedy* e coma junto com os que trabalham no ônibus espacial.”

E o Sr. Rogers foi capaz de responder: “o Sr ficará interessado em saber, senador, que o prêmio Nobel está lá em *Kennedy*, neste momento, fazendo exatamente isso!” (E, embora o Sr. Rogers não pudesse sabê-lo, eu estava realmente almoçando com os engenheiros exatamente naquele momento). Assim, gradualmente, o Sr. Rogers compreendeu que eu não era totalmente inútil. Nós aprendemos a nos respeitar muito. Acho que, no final, ele me respeitou e eu, certamente, o respeito por suas habilidades.

Voltei para Washington e me meti em mais e mais dificuldades. A reunião seguinte foi uma reunião pública, e eu estava questionando o Sr. Lund da *Thiokol Company*, que tinha mudado de opinião sobre o lançamento do ônibus espacial. Alguém em Marshall havia dito a ele para colocar o “chapéu de gerente” ao invés do “chapéu de engenheiro”, e assim ele mudara de opinião. Eu estava perguntando a ele: “o Sr não compreende os princípios da probabilidade?” quando subitamente tive uma sensação de Inquisição.

O Sr. Rogers havia nos dito que deveríamos ser cuidadosos com essas pessoas, cujas carreiras dependiam de nós. “Nós temos todas as vantagens”, ele disse, “nós estamos sentados aqui no alto, eles estão sentados lá em baixo; eles têm que responder às nossas perguntas, nós não temos que responder às perguntas deles. Não é justo”. Num relance, tudo isso veio de volta à minha cabeça e eu me senti péssimo. Eu não podia continuar no dia seguinte, então voltei à Califórnia, por um dia ou dois, para descansar.

Enquanto eu estava em Pasadena, fui até o *JPL* e discuti as ampliações das fotos com Jerry Solomon e Meemong Lee; eles estavam estudando a chama que havia aparecido do lado do SRB imediatamente antes do tanque principal de combustível explodir. Eu acabava de chegar de Washington, onde ouvi os gerentes da *NASA* falar de forma muito complicada. Que diferença! Na *Caltech* e no *JPL*, com o pessoal das fotografias e a “equipe do gelo” em *Kennedy*, tudo era tão direto e simples. Que diferença!

Problema de comunicação

Finalmente, nos dividimos em grupos de trabalho, e eu fui para Marshall com o grupo do General Kutyna. A primeira coisa que aconteceu lá foi que um oficial graduado de segurança, chamado Ulian, veio nos contar sobre uma discussão que ele tinha tido com a alta hierarquia da *NASA* sobre segurança. O Sr. Ulian devia decidir se colocava uma carga de explosivos dos lados do ônibus espacial, para que pudesse ser destruído a partir da sala

de controle, se estivesse caindo sobre uma cidade. Os “grandões” da *NASA* disseram: “não coloque nenhum explosivo, porque o ônibus espacial é muito seguro. Ele nunca cairá numa cidade”.

O Sr. Ulian tentou argumentar que *havia* perigo. Um em cada 25 foguetes tinha falhado antes, por isso o Sr. Ulian estimava a probabilidade de perigo em torno de 1 para 100, o suficiente para justificar as cargas de explosivos. Mas os “grandões” da *NASA* disseram que a probabilidade de falhas era de 1 em 100.000. Isto significava que se o ônibus espacial voasse *todos os dias*, o tempo médio antes do primeiro acidente seria de 300 anos - todo dia um vôo, durante 300 anos - o que, obviamente, era maluco! O Sr. Ulian também nos contou sobre os problemas que ele tinha com os “grandões”, como algumas vezes eles não vinham para as reuniões e outros detalhes.

Então, eu pensei: até agora tínhamos descoberto que o vôo falhara porque uma das juntas tinha quebrado, e os chefões nos tinham dito que não sabiam nada sobre o problema dos lacres- muito embora eu tivesse sido capaz de descobri-lo de imediato na *JPL*, antes mesmo de ir para Washington. Nós vimos que a *NASA* não tinha sistemas para corrigir o problema, mesmo que os engenheiros estivessem escrevendo cartas dizendo "SOCORRO!" ou "ISTO É UM ALERTA VERMELHO!". Nada estava acontecendo. Minha questão era: será que esta falta de comunicação entre engenheiros e a direção também existia em outros lugares? Pensei: “eu deveria descobrir se isto é uma característica de todo o sistema ou se é verdade apenas para a *Morton-Thiokol*, e veio à tona apenas porque os anéis-O estouraram.” Assim, eu disse em Marshall que eu queria entender sobre os motores e conversar com alguns engenheiros, sem nenhum gerente ou diretor por perto. “Sim senhor, nós arranjaremos tudo. Que tal amanhã às 9 horas?”

Quando cheguei no dia seguinte, lá estavam os engenheiros, mas também gerentes, e um livro grande, imenso: *Apresentação feita no dia ... de Fevereiro a Richard P. Feynman, membro da Comissão*. Tudo preparado durante a noite.

“Nossa! Quanto trabalho!” eu disse.

“Não, não é muito trabalho; nós só reunimos os papéis comuns que usamos todo o tempo.”

O motor é extremamente complexo e difícil de entender, e os engenheiros estavam me explicando como ele funcionava, mostrando “slide” após “slide”. Eu fazia minhas

perguntas costumeiras, que não parecem inteligentes. Depois de certo tempo, o Sr. Lovingood, um gerente médio, disse: “Sr. Feynman, já faz duas horas que nós começamos. Há 123 páginas no relatório e nós só cobrimos 20.”

“Está tudo bem, não se preocupe”, eu disse. “Estou confiante de que iremos cada vez mais rápido à medida que avançarmos, mas quero minhas perguntas respondidas no início, senão não conseguirei entender o motor.”

De repente, disse: “OK, tive uma idéia para economizar tempo. O que eu queria entender é o seguinte: a compreensão sobre os motores é a mesma entre engenheiros e gerentes/direção, ou existe uma diferença de compreensão, como nós encontramos no caso dos propulsores sólidos?”

O Sr. Lovingood respondeu: “Não, é claro que não. Embora eu agora seja um gerente, minha formação é a de engenheiro.”

Dei a cada pessoa uma folha de papel e disse: “Agora, por favor, cada um de vocês escreva qual é, na sua opinião, a probabilidade de falha para um vôo, devido a uma falha nos motores.”

Recebi quatro repostas: três dos engenheiros e uma do Sr. Lovingood, o gerente. As respostas dos engenheiros diziam todas, de uma forma ou de outra (da maneira na qual os engenheiros normalmente escrevem: “limite de confiabilidade”, ou confiança sub, etc”) quase que exatamente a mesma coisa: 1 em aproximadamente 200. A resposta do Sr. Lovingood dizia: “Não posso quantificar. A confiabilidade é determinada por estudos disto, verificações daquilo, experiência dacolá- blá, blá, blá, blá”.

“Bem, eu tenho quatro respostas. Uma delas enrolada”. Virei para o Sr. Lovingood e disse: “acho que o Sr. enrolou.”

Ele respondeu: “Não acho que eu tenha enrolado”.

Eu disse: “Bem, o Sr. não me disse *qual* era a probabilidade; o Sr. me disse *como* ela poderia ser determinada. O que eu quero saber é: depois que ela for determinada, *qual* é ela?”

Ele respondeu: “100 por cento”. Os engenheiros ficaram de queixo caído. Eu fiquei de queixo caído. Olhei para ele, todo mundo olhou para ele. E ele disse: “Ahn... ahn, menos x?”

“Tudo bem. Agora, o único problema que existe é: x é igual a...?”

Ele disse: “1 em 100.000.” Então, mostrei ao Sr. Lovingood as outras respostas e disse: “eu vejo que aqui *há* uma diferença de informações e conhecimento entre os engenheiros e a direção, exatamente como havia no caso do foguete, mas eu não quero incomodar vocês a respeito disso; vamos continuar com o motor.”

E eles continuaram me contando sobre o motor, e logo eu compreendi como ele funcionava. E eles me contaram sobre todos os problemas que tinham tido com ele, quebra de lâminas, e outras dificuldades. E descobri o mesmo jogo, como no caso dos foguetes auxiliares de combustão sólida, de reduzir critérios e aceitar mais e mais erros que não estavam planejados no dispositivo.

Posteriormente, verifiquei também o “*avionics*”, o software que a *NASA* usa em seus computadores para controlar o ônibus espacial do lançamento até a aterrissagem, para descobrir se lá também existia uma situação parecida. Mas, neste caso, pelo contrário, tudo era muito bom: os engenheiros e os gerentes comunicavam-se bem uns com os outros e eram todos muito cuidadosos para não mudar seus critérios de aceitação durante as revisões de voo. Eu achei a “*avionics*” totalmente satisfatória.

Escrevendo um relatório

Escrevi o que descobri em um relatório especial, esperando que os outros membros da comissão o lessem para discussão. Enviei-o para Al Keel, o encarregado executivo de coordenar tudo na comissão, designado pelo Sr. Rogers. Ele me disse, por telefone, que o havia recebido e que iria mostrá-lo a todos.

Por esta época, estávamos começando a escrever nossa parte do relatório principal sobre o acidente. O General Kutyna havia montado todo um sistema em Marshall para fazê-lo. Ele durou mais ou menos dois dias, até que recebemos uma mensagem do Sr. Rogers: “voltem para Washington. Vocês não deveriam estar escrevendo aí.” Assim, voltamos para

Washington, e o Sr. Graham emprestou-me um escritório e uma secretária que era muito, muito boa. Eu ajudei o nosso grupo a escrever nossa parte do relatório principal, com muitas contribuições do Sr. Keel.

Durante todo este tempo, eu esperava que nos encontrássemos em Washington para discutir o que havíamos descoberto até então, para pensar juntos e refletir a partir de pontos de vista diferentes (além dos astronautas, havia advogados e industriais, cientistas e engenheiros, etc) e discutir entre nós o que fazer a seguir. Mas, em nossas reuniões, tudo o que fazíamos era o que eles chamavam de “moldar as palavras”: corrigir pontuação, refinar as frases e assim por diante. Nós nunca tivemos uma discussão verdadeira sobre as idéias! Além disso, nós discutimos a tipografia e a cor da capa. Em cada reunião, nos pediam para votar, portanto pareceu-me que seria mais eficaz votar na mesma cor que havíamos decidido na reunião anterior. Mas descobri que eu sempre era minoria! Finalmente, escolhemos o vermelho. Ele foi publicado em azul.

Certa vez, após uma das reuniões, eu estava falando com Sally Ride sobre minhas experiências ao investigar os motores e o “*avionics*” e notei que ela parecia não estar a par do relatório especial que eu havia escrito, aquele que o Sr. Keel disse que mostraria para todo mundo. Assim, disse ao Sr. Keel: “Sally não recebeu meu relatório.”

Ele disse para sua secretária: “Ah, por favor faça uma cópia do relatório do Sr. Feynman e envie para a Sra. Ride.”

E então eu descobri que o Sr. Acheson também não havia visto o relatório.

“Faça uma cópia e envie para o Sr. Acheson.”

Finalmente, compreendi e disse: “Sr. Keel, acho que ninguém recebeu meu relatório.”

E ele disse para sua secretária: “faça uma cópia para todos os membros da comissão e envie.”

Então, eu disse: “o Senhor me disse que o havia mostrado a todo mundo.”

“Eu queria dizer que o mostrei a toda a minha equipe.”

Nem é preciso dizer: quando perguntei aos membros da equipe, nenhum deles havia visto o relatório.

Quando leram meu relatório, os outros membros da comissão acharam que havia muitas coisas boas nele, que deveriam constar do relatório da comissão. Mas não podíamos discutir isso, pois tudo que estávamos fazendo era essa coisa de “acabamento” sobre o que já estava escrito, e não acrescentando nada de novo. Estávamos trabalhando no relatório sumário para o presidente (o que eu chamarei de relatório principal) que era relativamente curto. Posteriormente, com dados de suporte e outras informações, iríamos elaborar uma série de apêndices. Assim, havia duas possibilidades para meu relatório: ele poderia estar no relatório principal (mas neste caso teria que ser reescrito, porque o estilo do relatório principal era diferente) ou poderia sair mais tarde, como um apêndice.

Embora alguns dos membros da comissão acreditassem que ele devesse fazer parte do relatório principal, achei que poderia aceitar um compromisso e deixá-lo como um apêndice. Mas, para conseguir colocar meu relatório como um apêndice, ele tinha que ser colocado no sistema de documentos do computador, que era muito elaborado e muito bom, mas diferente do sistema de computador no qual eu havia escrito o relatório, em casa. Eles tinham um “scanner” ótico para transferi-lo, e eu pedi a eles que o fizessem. “É claro”, disseram. Mas bastava eu me afastar um pouco que, quando voltava, o relatório estava perdido. Continuava insistindo, observando, cuidando dele, até que, finalmente, consegui que ele chegasse às mãos de um editor de verdade, um homem competente chamado Hansen, que mudou todos os meus *os quais* por *onde* e todos os meus *ondes* por *os quais*.

O Sr. Hansen arrumou meu relatório sem mudar seu sentido. Mas o Sr. Keel arrumou-o de maneira que pudesse entrar como um apêndice: ele marcou grandes círculos ao redor de seções inteiras, com “xs” através delas e cortou pensamentos. Explicou-me que meu relatório estava repetitivo em relação ao relatório principal, ao que argumentei que era muito mais fácil ler algo que estivesse inteiro, e que não importava que estivesse repetitivo, pois seria um apêndice.

Recomendações para o Presidente

Finalmente, a comissão teve sua última reunião. Era sobre as recomendações que nós faríamos ao Presidente. Nós fizemos nove recomendações. No dia seguinte, quando estava no escritório do Sr. Rogers, ele disse: “Eu acho que nós devemos acrescentar uma décima recomendação: ‘a comissão recomenda fortemente que a *NASA* continue a receber o

suporte da Administração e da nação’...”. Em nossos quatro meses de trabalho como uma comissão, nunca havíamos discutido este assunto. Não estava na orientação que recebemos do Presidente. Nós devíamos apenas investigar o acidente, descobrir o que o causou e fazer recomendações para evitar tais acidentes no futuro.

Achei, então, que esta décima recomendação não era apropriada e o disse para todos. Nós argumentamos e contra argumentamos durante certo tempo, mas eu tinha que pegar um avião para Nova Iorque, onde ia passar o fim de semana. Durante a viagem, fiquei pensando naquela décima recomendação, e quanto mais eu pensava mais eu achava que incluí-la era um erro, exatamente como num daqueles relatórios da *NASA*, que eu havia visto logo no começo da investigação, com “bolinhas” contraditórias: constatamos vários problemas mas, no final, recomendamos que se continue voando!

Não estava gostando daquilo. Além disso, não havíamos discutido isso na reunião! Era apenas a opinião do Sr. Rogers. Eu não queria telefonar para o Sr. Rogers e discutir com ele por telefone; então, calmamente e com bastante cuidado, escrevi-lhe uma carta, explicando cuidadosamente porque não gostava da décima recomendação. Para ter certeza de que chegaria rapidamente, dei minha carta pelo telefone para sua secretária, que a datilografou e entregou-lhe em mãos em seu escritório!

Quando voltei de Nova Iorque, o Sr. Rogers me disse que tinha lido minha carta, que concordava comigo, mas que eu havia sido vencido na votação. Perguntei: “como é que fui vencido na votação se não houve reunião?” Achava que minhas idéias a respeito eram dignas de serem discutidas com os outros membros da comissão e eu queria saber o que eles pensavam dos meus argumentos.

“Eu sei, mas eu telefonei para cada um deles,” ele respondeu, “e todos eles concordaram. Todos eles votaram a favor dela.”

Eu disse: “bem, eu gostaria de uma cópia desta recomendação”, e saí para fazer uma cópia. Quando voltei, o Sr. Keel disse que se esquecera de que eles não haviam falado com o Sr. Hotz (o Sr. Hotz estava por perto, assim eu poderia perguntar a *ele* diretamente). Fui almoçar com o Sr. Acheson e o Sr. Hotz, e parecia que o Sr. Hotz concordava comigo. Quando voltamos ao escritório do Sr. Rogers, o Sr. Acheson me explicou: “na verdade, aquilo não quer dizer nada, não passa de palavreado vazio. Se esta fosse uma comissão

para a Academia Nacional de Ciências suas objeções seriam corretas. Mas, uma vez que esta é uma comissão Presidencial, nós deveríamos dizer palavras bonitas ao Presidente.”

“Não compreendo a diferença”, disse (ser ingênuo na hora certa é, em geral, uma boa idéia) “simplesmente, não compreendo. Porque não podemos ser sérios e científicos quando escrevemos um relatório para o Presidente?” (ser ingênuo nem sempre funciona: meu argumento não surtiu efeito.)

Estava muito preocupado com tudo isso e fui para casa muito perturbado. Então, tive a idéia (que não tinha tido antes) de telefonar para alguns dos membros da comissão. Vou chamá-los de A, B e C.

Ligo para A. Ele diz: “Qual décima recomendação?”

Ligo para B. Ele diz: “Décima recomendação? Do que você está falando?”

Ligo para C. Ele diz; “você não se lembra, seu tonto? Eu estava no escritório quando Rogers nos falou sobre isso a primeira vez, e não vejo nada de errado com ela.”

Embora alguns dos membros da comissão concordassem com a décima recomendação, eu ainda achava que nós deveríamos tê-la discutido em uma reunião. Eu também tinha sido levado a modificar meu relatório, apesar dele aparecer apenas como um apêndice. Conversei com minha irmã, que já havia trabalhado em Washington e ela disse: “bem, se eles fazem isso com o seu relatório, o que acontecerá com todo o trabalho que você fez na comissão? Sua contribuição não será vista. Vai parecer que você não fez nada.”

Eu disse: “Arra!”, e enviei um telegrama ao Sr. Rogers:

POR FAVOR, TIRE A MINHA ASSINATURA DA PRIMEIRA PÁGINA
DO RELATÓRIO, A MENOS QUE DUAS COISAS SEJAM FEITAS:

- 1) NÃO HAJA DÉCIMA RECOMENDAÇÃO, E
 - 2) MEU RELATÓRIO APAREÇA COMO UM APÊNDICE SEM
MODIFICAÇÕES DA VERSÃO #23 DO SR. HANSEN.
-

A esta altura, já sabia que tinha que definir tudo cuidadosamente! (Aliás, tudo tinha 23 versões. Já foi notado que os computadores, que supostamente aumentam a velocidade

com a qual fazemos coisas, não aumentaram a velocidade com a qual escrevemos relatórios: costumávamos fazer apenas 3 versões, porque elas são difíceis de digitar, e agora fazemos 23!)

O resultado deste telegrama foi que o Sr. Rogers e o Sr. Keel tentaram chegar a um acordo. Eles pediram ao General Kutyna para ser o intermediário, porque sabiam que ele era meu amigo. O que eles não sabiam é quão bom amigo ele era.

O General me telefonou e foi dizendo: “Olá, professor! Começo por lhe dizer que concordo com você. Mas recebi a incumbência de convencê-lo a mudar de opinião, e tenho que lhe dar todos os argumentos.”

“Não tenha medo!”, respondi. “Eu não vou mudar de opinião. Só me dê os argumentos, e não tema.”

E ele me deu todos os argumentos, nenhum dos quais surtiu nenhum efeito. Os argumentos eram coisas loucas, por exemplo: “se você não aceitar a décima recomendação, eles não vão aceitar o acordo que já fizeram de colocar seu relatório como um apêndice.” Eu não me preocupei com isso, porque não tinha que assinar o relatório principal e poderia publicar meu relatório por conta própria.

Um outro argumento era que eles tinham notado que eu estava sempre falando com a imprensa, e que eles iriam afirmar que eu isso era um jogo de publicidade para vender mais cópias do meu livro. Este argumento me fez rir, porque eu podia imaginar os risos que causaria a meus amigos, em casa. Eu sabia que ninguém importante para mim acreditaria nisto.

Mas, finalmente, cheguei a um acordo e disse: “ao invés de colocá-la como uma recomendação, coloque apenas como uma reflexão final, e mude a redação de 'recomenda fortemente' para simplesmente 'incentiva'”.

Eles aceitaram.

Um pouco mais tarde, o Sr. Keel me telefonou: “podemos dizer 'incentiva fortemente'?”

“Não”, eu disse, “apenas 'incentiva!'.”

Reunindo com a Imprensa

Assim, assinei o relatório principal, meu relatório entrou como um apêndice e tudo ficou bem. Entregamos nosso relatório para o Presidente em uma quinta-feira, em uma cerimônia no Jardim das Rosas, na Casa Branca. O relatório não seria publicado até segunda-feira, para que o Presidente pudesse estudá-lo.

Durante aqueles três dias, os jornalistas estavam trabalhando como loucos. Eles sabiam que o relatório estava terminado e estavam tentando driblar uns aos outros para dar o furo de reportagem sobre seu conteúdo. Ficavam me telefonando, pois eu havia sido cooperativo antes. Orientei minha secretária para dizer que eu não tinha nenhum comentário a fazer e poderia responder às suas perguntas na terça-feira, em uma coletiva de imprensa.

Não sabia, mas alguém tinha vazado para a imprensa a altercação que havíamos tido. A única pessoa que sabia sobre ela era, eu penso, o Sr. Holtz. (Ele pode ter pensado que me ajudaria a reforçar minha opinião). Tudo começou em um jornal de Miami e logo a estória sobre a briga entre o Sr. Rogers e eu estava em todos os cantos. Quando os jornais me ligaram, receberam o recado: “ele não tem nada a declarar, e responderá a todas às suas perguntas em sua entrevista coletiva na terça-feira”. [Ficaram desconfiados, como se a nossa diferença continuasse e a coletiva de imprensa se destinasse a explicar o motivo de o meu nome sair no relatório].

Mas minha entrevista coletiva revelou-se muito popular. [A maioria dos repórteres estava interessada na ameaça de retirar meu nome do relatório da Comissão]. E eu encontrei-me repetindo que não tenho nenhum problema com o Sr. Rogers.

Minha conclusão é a de que gosto dele, que ele é um sujeito genuinamente bom. Mas não descarto a possibilidade - não como uma suspeita, mas como uma incógnita - de gostar dele por ele ter sabido fazer-me gostar dele. Prefiro acreditar que ele é do jeito que aparenta. Mas, como um cientista, não estou certo de que minha evidência esteja completa. E estive tempo suficiente em Washington para saber que não posso afirmá-lo com plena certeza.

Resumindo

Por fim, gostaria de dizer algo a respeito da deterioração geral da *NASA*, e sobre o fato de que não havia informações chegando dos engenheiros para os gerentes. Outro dia mesmo eu estava lendo um livro do Harvey Brooks no qual ele fala de inovação. Ele explica que inovação não tem que ser a invenção direta de uma máquina; uma inovação poderia ser a maneira pela qual as coisas são feitas, como na linha de produção em massa de Ford, ou, como em outro de seus exemplos, o sistema de administração desenvolvido na *NASA* para o Programa *Apollo*, que envolveu a cooperação de muitas empresas. O sistema que eles desenvolveram foi uma inovação, um grande desenvolvimento. Isso foi há mais de vinte anos. Mas, nesse meio tempo, se passou algo que acontece com muitas inovações humanas: ela se deteriorou. A questão é: como e por que? Eu não sei.

Inventei uma teoria a respeito, que discuti com um número considerável de pessoas. Muitas delas me explicaram que minha teoria estava errada. Mas não consigo lembrar os motivos que me deram sobre porque estava errada - ninguém nunca consegue, porque é desse jeito que somos feitos! Eu sou um ser humano fraco, por isso não resisto a dizer a vocês o que eu acho que seja o problema.

Quando a *NASA* estava tentando chegar à Lua, havia uma meta que todos estavam ansiosos por atingir. Todo mundo estava cooperando, como no esforço para construir a primeira bomba atômica em *Los Alamos*. Não havia problemas entre a direção/os gerentes e as outras pessoas, porque todos eles estavam tentando fazer a mesma coisa. Mas, em seguida, após ter ido à Lua, a *NASA* tinha todas aquelas pessoas juntas, todas aquelas instituições... Quando você consegue seu objetivo, você não quer demitir pessoas e mandá-las para a rua. Então surge o problema: o que fazer?

Você tem que convencer o Congresso de que existe um projeto para esta organização fazer. Para isso, é necessário (pelo menos era *aparentemente* necessário neste caso) exagerar - exagerar o quanto o ônibus espacial seria econômico, exagerar os grandes fatos científicos que seriam descobertos (em todos os artigos da imprensa sobre o ônibus espacial havia uma declaração sobre as experiências úteis em ambiente de gravidade zero - como fazer produtos farmacêuticos, novas ligas e assim por diante - a bordo, mas nunca vi em nenhum artigo científico nenhum resultado sobre qualquer coisa que tenha advindo de nenhum

daqueles experimentos científicos que eram tão *importantes!*). Assim a *NASA* exagerou sobre como o ônibus espacial seria barato, eles exageraram sobre a frequência com a qual ele poderia voar, e o exagero foi tanto que ficou obviamente errado, óbvio o suficiente para que muitos tipos de organizações estivessem escrevendo relatórios, tentando fazer o Congresso acordar para o fato de que as afirmativas da *NASA* não eram verdadeiras.

Acredito que o que aconteceu foi que (lembre-se, isto é apenas uma teoria, porque as pessoas discordam) embora os engenheiros na área soubessem que as afirmações da *NASA* eram impossíveis, e os chefes soubessem que eles haviam exagerado, não queriam ouvir que eles tinham exagerado. Eles não queriam ouvir as dificuldades dos engenheiros, o fato de que o ônibus espacial não podia voar tão freqüentemente, o fato de que ele pudesse não funcionar e assim por diante. Para eles, era melhor não ouvir, porque, assim, poderiam ser muito mais honestos ao tentarem conseguir a aprovação do Congresso para seus projetos.

Assim, minha teoria é a de que a perda do interesse comum - entre os engenheiros e cientistas de um lado e a administração do outro - foi a causa da deterioração na cooperação, que, como vocês puderam ver, causou uma calamidade.
