

# O LADO BOM DOS ERROS NA ENGENHARIA

**Fabricio Besen** -fabriciobesen@gmail.com

Curso De Graduação Em Engenharia Mecânica-UFSC

88020090-Florianópolis-Santa Catarina

**Gabriel Gallois Ficht** -gabriellicht@hotmail.com

Curso De Graduação Em Engenharia Mecânica-UFSC

88020090-Florianópolis-Santa Catarina

## Resumo

Este artigo visa abordar erros que foram cometidos em áreas de engenharia e em outras áreas e demonstrar como se pode extrair aprendizado deles. Primeiramente, analisar-se-á os principais tipos de erros e, em seguida, será feita uma avaliação dos erros que ocorreram em grandes tragédias como, por exemplo, Chernobyl, Fukushima, Titanic e mudanças que eles provocaram em suas áreas.

**Palavras chave:** aprender com o erro, erros, tragédias, engenharia, catástrofes.

## 1. Introdução

Segundo Amy C. Edmonson professora da Harvard: “A sabedoria de aprender com o erro é indiscutível. Organizações que fazem isso bem, no entanto, são extremamente raras. E não é por falta de compromisso com o aprendizado”. Assim, a verdadeira problemática do tema é como reagir de forma construtiva frente a ocorrências de erros.

Sabe-se que o mundo atual vivencia diversas situações de risco ligados aos avanços tecnológicos necessários para atender as demandas da humanidade. Nem sempre será possível prever o risco inerente a uma atividade ou empreendimento, mas deve-se fazer o possível para evita-lo e, acima de tudo, fazer com que esses erros não se repitam.

Nesse aspecto reside a primordial importância desse artigo cujo intento é conceituar os diferentes tipos de erros para então analisar alguns casos que aconteceram

recentemente na história da humanidade e, com isso, extrair algumas lições para a atuação dos profissionais ligados à área da engenharia.

## **2. Os diferentes tipos de erros.**

Em primeiro lugar, cabe destacar que os erros podem ser divididos em diferentes categorias como, por exemplo: evitáveis, inevitáveis devido à complexidade e erros inteligentes.

Os erros evitáveis em geral estão ligados a operações e treinamentos rotineiros em uma organização, de modo que já existem soluções para o problema e não servem de aprendizado. As ferramentas de qualidade, como as utilizadas pela Toyota, se destacam nesse aspecto, eis que buscam sempre achar a falha e repará-la prontamente.

Os erros inevitáveis, relacionam-se as atividades que são complexas e apresentam uma incerteza, como porta-aviões e usinas nucleares, que são situações onde falhas são continuamente um risco. Nesses processos, as pequenas falhas não podem ser evitadas, mas, ao identificá-las e corrigi-las rapidamente, se evita falhas importantes que poderiam ter uma abrangência catastrófica.

Os erros inteligentes, por sua vez, são os que apresentam aprendizado valioso envolvendo experimentação. Nessa condição, não se sabe a resposta e é a primeira vez que se experimenta na situação específica. Embora seja muito valiosa a importância deles, deve-se evitar experimentar onde não é necessário em busca de diminuição de falhas. Assim, as experimentações devem ser feitas com cautela e prevenção nos aspectos controláveis, como localização e número de pessoas em risco.

Detectar o erro pode ser ponto crucial e muitas vezes não é tão simples como parece. Em alguns casos, as falhas são encobertas por funcionários que temem ser vistos como incompetentes, atrasando o processo de identificação de erros e tornando o risco de grave acidente maior. Organizações veteranas que utilizam sistemas de qualidade como o CEP, Lean e Seis Sigma conhecem muito bem esse problema, e através da liderança, controle do ambiente de trabalho e informação sobre importância dos erros, buscam reduzir o estigma do fracasso e conseguem fazer funcionar processos onde tolerâncias de erro são muitíssimo pequenas, ocorrendo isso tanto em empresas que concorrem uma com as outras, quanto em usinas nucleares e aeroportos.

Tendo em vista tais conceitos, passa-se a análise de casos concretos.

### **3. Aprendendo com os erros – tragédias nucleares.**

Nas últimas décadas o mundo presenciou alguns desastres em usinas nucleares que tiveram por origem alguns erros que poderiam ter sido evitados. Nesse sentido, cabe salientar que o evento ocorrido em Fukushima, no Japão, foi analisado pela comissão de investigação sobre acidente nuclear local e avaliou-se que as causas do acidente eram previsíveis e a empresa responsável pelo funcionamento da usina falhou na segurança, pois não fazia uma avaliação de riscos adequada. Lógico que há necessidade de muita água para o resfriamento dos geradores da usina, justificando a localização da usina. Mas, ao aceitar o projeto, já se sabia que a área ficava no círculo de fogo do pacífico, onde acidentes em decorrência de terremotos e maremotos são comuns. A própria estrutura de prédios e construções em geral no Japão já é projetada para resistir a eventuais catástrofes e, assim, para uma Usina Nuclear a preocupação deve ser ainda maior. Uma catástrofe nuclear amplifica ainda mais o número de pessoas envolvidas, além de poluir o local e oceano liberando radiação. A usina de Fukushima se localizava, inclusive, muito próxima ao oceano, portanto um projeto de bombas de resfriamento que falha em um maremoto não pode ser aceito e, onde o projeto foi realizado corretamente, deve-se seguir a risca a utilização de ferramentas de qualidade.

O engenheiro responsável por projeto semelhante deve tomar extremo cuidado em situações que envolvem riscos, pois, caso não tome os cuidados necessários, a culpa pode recair sobre sua atividade. Assim é preciso entender e estudar os casos que tiveram erros semelhantes. Conforme Henry Petrovski em sua obra “Sucesso através dos erros”, é justamente na falha que aprendemos onde deve-se tomar mais cuidado, e que analisando situações de sucesso, a comunidade de engenheiros busca superar o sucesso passado, realizando projetos cada vez mais atrevidos e grandiosos onde o inimaginável eventualmente ocorrerá.

A usina de Fukushima, apesar de ter sido avaliada como inadequada em termos de segurança, ainda apresentava muitos mecanismos e elementos para evitar um desastre. Ao ser comparada com outras usinas distribuídas pelo planeta, ele possuía qualidade superior em vários aspectos. Assim, autoridades de alguns países europeus têm procurado eliminar usinas nucleares, pois eventualidades podem ocorrer e gerar um desastre que comprometa a vida no país inteiro ou com abrangência até intercontinental como o acidente nuclear de Chernobil em 1986, em que o erro foi de experimentação em contrapartida ao acidente de Fukushima, onde vários critérios de segurança estavam

sendo cumpridos e mesmo assim o acidente teve abrangência gigantesca. A medida desses países é justificável, afinal mesmo com um projeto perfeito há ainda a possibilidade de não cumprimento de regras de segurança por funcionários ou eventualidades e o acidente em Chernobyl é um desses exemplos de não cumprimento de regras de segurança.

Em Chernobyl o acidente foi causado em virtude de funcionários que estavam fazendo experimentação em condições indevidas que envolviam a vida de muitas pessoas. Conforme a explicação no início desse artigo referente a erros inteligentes, “as experimentações devem ser feitas com cautela e prevenção nos aspectos controláveis, como localização e número de pessoas em risco”. Ao fazer uma experimentação na usina foi interrompido o sistema hidráulico de resfriamento, que foi uma das mesmas falhas ocorridas em Fukushima anos depois e que já havia ocorrido em diversas outras partes do mundo. O primeiro acidente nuclear da história nos Estados Unidos em 1952 ocorreu por falha no resfriamento, como também os acidentes no ano de 1969 em Lucens na Suíça e em 1979 na Pensilvânia, EUA. Chernobyl teve proporções maiores e por isso ficou mais conhecido, o que alarmou a humanidade acerca da proporção que um desastre em usina nuclear pode causar, como também, foi acentuada a vulnerabilidade que tais usinas podem ter em relação a infração de funcionários. Dessa forma, o erro mostrou que a gestão não se pode dar a liberdade de controle de sistemas hidráulicos de resfriamento para um funcionário que não tenha cautela e saiba das consequências que problemas em resfriamento causaram em outras usinas. Assim, em Chernobyl o erro não foi só de experimentação em condições indevidas, como também foi um erro evitável, pois havia informação de acidentes já ocorridos. O acidente ocorreu durante o período histórico da guerra fria, havia a corrida armamentista e busca por descobertas envolvendo fenômenos nucleares. Ainda assim, alterando o sistema de gestão e contratação muito provavelmente o problema teria sido evitado. Qualquer que seja a solução, segundo Henry Petroski, pode-se agora isolar a causa do problema e focar no ponto onde ocorrem as falhas, onde engenheiros, inventores, designers, administradores, etc. possam vir com ideias inovadoras em algum aspecto específico.

#### **4. Aprendendo com os erros – hospitais.**

Segundo pesquisa de Edmonson, quando erros ocorrem, há uma tendência de minimização da responsabilidade quando o erro é próprio, atribuindo a culpa indevidamente a fatores externos ou situações especiais, enquanto que quando o erro é de outro indivíduo há avaliação inversa. Assim, em hospitais onde ocorrem erros médicos, por exemplo, a análise de erros é feita muitas vezes de forma indevida, e esse é o mesmo motivo pelo qual Fukushima foi avaliada como responsável pelo acidente mesmo quando um maremoto atingiu e destruiu as bombas hidráulicas da usina. Entretanto, em muitos hospitais, o cargo máximo na organização é o médico, e ninguém pode discutir com as decisões que ele tomar dificultando a reparação e aprendizado com erros. No caso do Rhode Island Hospital, nos Estados Unidos era exatamente isso que acontecia, enfermeiros eram subordinados a decisões de médicos. Um procedimento padrão que a organização de enfermagem utilizava era uma pausa antes de realização de qualquer cirurgia de forma a garantir que não ocorressem possíveis erros, e a enfermagem fazia questão desse intervalo desde que foram extraídas acidentalmente as amígdalas de uma paciente que deveria fazer apenas uma cirurgia nos dentes. Entretanto, em situações estressantes, onde havia muita pressão e pouco tempo para realizar a cirurgia, esse intervalo era muitas vezes ignorado e ocorriam erros, além disso como os médicos eram a figura máxima e ninguém podia questionar a autoridade, alguns deles podiam sair durante o intervalo para discussão do plano de cirurgia e tratar enfermeiros de forma ríspida contra os procedimentos de segurança padrões do hospital. O resultado foi que pouco tempo depois abriram o lado errado da cabeça de um paciente com tumor cerebral que acabou morrendo duas semanas depois. Em seguida, vários erros aconteceram com o passar dos meses, operando o local errado da cabeça de outro indivíduo, a parte errada da boca de uma criança, o dedo errado de um homem, um cirurgião inclusive esqueceu uma broca dentro da cabeça de um paciente. Diante da crise, a Dra. Mary Reich Cooper, uma das responsáveis pela administração do hospital teve oportunidade de fazer mudanças drásticas na organização. Assim, promoveu maior autonomia aos enfermeiros, instalou câmeras para tornas os intervalos obrigatórios além de check-lists que reforçavam se tudo estava certo antes de ocorrer a cirurgia, mudou lideranças e adicionou sistemas computadorizados para relatar problemas. Segundo Charles Duhigg, se não houvesse a crise, gerada pelos erros nas operações de cirurgia,

não haveria mudança. A mudança tornou o Rhode Island um dos hospitais mais confiáveis para se fazer cirurgias desde então.

Paralelamente, o hospital Beth Israel Deaconess Medical Center, um dos hospitais da rede de ensino Harvard, em 1990, passava por problemas semelhantes ao do Rhode Island, e diante da crise criaram as “rondas de segurança” em que médicos experientes discutiam nos mínimos detalhes um erro ou situações de risco para seus colegas, disseminando assim entre os médicos a cultura de assumir o erro e ter mais cautela e atenção a procedimentos da organização, além de compartilhar as “quase falhas” entre si. Para um engenheiro a situação não deve ser diferente, sendo sua responsabilidade conhecer procedimentos de segurança e nuances que podem acabar levando a erros em projetos, devendo também haver margens de segurança que compensem caso ocorra uma eventualidade. O engenheiro deve, então, conhecer as falhas e erros ocorridos na sua área de trabalho, e ser sensato com experimentações, evitando a exposição a risco de vida ou tragédia ambiental em todo projeto. Projetos são feitos para funcionar e não falhar, já que onde cidades, países ou até continentes estão em jogo, ser rigoroso em todo processo é essencial e fundamental.

A Electricité de France é um exemplo de prevenção em usinas nucleares, já que monitora rigorosamente cada usina para evitar falhas utilizando um sistema de informação entre as usinas, assegurando princípios de qualidade, preocupação com design da instalação, monitoramento dos aspectos construtivos da usina, assim como, preocupação na contratação e operação.

## **5. Aprendendo com o erros - Titanic.**

Um outro exemplo de aprendizado com o erro é a tragédia do Titanic que se tornou uma das mais conhecidas do século passado, principalmente após o lançamento do filme que apresenta o seu nome. Nesta tragédia, morreram mais de mil e quinhentas pessoas das mais de duas mil e duzentas que estavam no transatlântico.

Na década em que houve a tragédia do Titanic, a rota entre Europa e os Estados Unidos era muito disputada por duas Companhias navais, a White Star Line e a Cunard Line. Como a primeira havia lançado os maiores navios até então, a companhia White Star decidiu projetar e construir ao mesmo tempo três transatlânticos ainda maiores, sendo um deles o Titanic.

O Titanic naquela época era considerado um navio impossível de afundar já que conseguiria flutuar mesmo com os dois compartimentos principais afundados e possuía cinco bombas que permitiam retirar quatrocentas toneladas de água por hora. Com esses atributos, o navio partiu com um número de botes salva vidas muito menor que o necessário para atender toda a tripulação. Também não foram colocados mais botes salva vidas porque eles ocupavam espaço no deck e fazia ele parecer bagunçado.

A navegação do Titanic era feita por meio de bússolas, sextante e relógio de precisão. No posto de observação tinha-se dois vigias que visualizavam se algo anormal aparecesse. Estes observadores não usavam nenhum instrumento especial, como binóculos.

Internamente, o Titanic era dividido em três classes de forma que era impossível uma classe ter acesso direto a outra. Além disso, o transatlântico apresentava corredores para os trabalhadores circularem, de forma a não serem vistos pelos passageiros. Outro aspecto interessante foi o fato de os botes salva vidas estarem mais perto da primeira classe tanto que a maior parte dos sobreviventes eram parte dessa classe

Com o objetivo de bater o tempo recorde de travessia da Rota, o Titanic navegava em velocidade máxima tentando conseguir ainda mais marketing, mesmo o capitão tendo recebido avisos de outros navios de que havia icebergs na sua rota.

Ademais, o Titanic apresentava um leme muito pequeno para o seu peso e seu tamanho, tampouco foram realizados alguns testes para verificar se ele resistiria a uma manobra de emergência.

Segundo Richard David Schachter, professor do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da universidade federal do Rio de Janeiro, o Titanic apresentava muitos defeitos, porém trouxe muitas transformações importantes na engenharia naval em decorrência do seu afundamento. Os sonares, por exemplo, foram criados logo depois do afundamento do Titanic, e com certeza, esta invenção foi incentivada por este acontecimento juntamente com o advento da 1ª Guerra mundial. Se o Titanic já apresentasse sonar, provavelmente a tragédia seria evitada já que o Capitão teria mais certeza e tempo para mudar a rota do navio caso ele estivesse na rota de um iceberg.

Importante notar também que, quando o Titanic foi construído, a mesma companhia estava construindo outros dois navios gigantes num curto prazo de tempo. Este transatlântico apresentou variações grosseiras na qualidade do seu aço devido à

dificuldade na época de se fornecer aço na quantidade necessária para os três transatlânticos.

Atualmente, para evitar tragédias como o Titanic, os navios são projetados com duplo casco, de tal forma que se o casco principal for rompido, ainda teremos o segundo casco de forma a tornar o navio impermeável e, portanto, seguro.

Segundo Enry Petrosky, se o Titanic não tivesse afundado a sua reputação de “inafundável” seria reforçada. Se ele voltasse para Europa sem acidente, o seu sucesso seria evidente para todos e as companhias de navegação teriam feito ele como modelo para seus novos transatlânticos. Na verdade, eles iriam querer construir navios ainda maiores e ainda mais baratos. Portanto, a tragédia do Titanic evitou isso de acontecer. O seu fracasso revelou a fraqueza do seu projeto, e também mostrou que é preciso tomar medidas de precaução como ter botes e coletes para salvar todos a bordo.

## **6. Aprendendo com o erro – pontes suspensas.**

Outro exemplo prático ocorrido foi o caso da construção de pontes para ferrovia na metade do século dezenove, eis que não havia modelos de pontes que as sustentassem. Uma escolha poderia ser as pontes suspensas, mas pelo fato de elas serem leves e flexíveis muitas haviam caído pela ação do vento. Muitos engenheiros ingleses inventaram novos estilos de pontes que caíram rapidamente ou foram muito caras ao ponto de não se conseguir construí-las, mas o engenheiro John Roebling pensou na fragilidade das pontes suspensas de modo diferente, e passou a desenvolver formas delas não caírem com o vento, com o uso por exemplo de decks pesados. Com isso, foram construídas pontes suspensas como a Niágara Gorge e Brooklyn Bridge mostrando que se pode aprender com os erros. Posteriormente, as pontes suspensas foram aumentando de tamanho, tanto que em 1931 a ponte George Washington era mais que duas vezes maior do que a Brooklyn Bridge. Porém, começaram a surgir pontes que sentiam o efeito do vento, um exemplo muito famoso foi o caso da ponte Tacoma Narrows que foi inaugurada em 1940 e não resistiu mais de quatro meses, mesmo com os ventos não apresentando uma alta velocidade, chamando a atenção para outro fenômeno: o da ressonância. O caso desta ponte mostrou o ganho excessivo de confiança no sucesso neste tipo de construção e a queda dela fez com que os engenheiros tomassem mais cuidado com o fenômeno da ressonância.



## 7. Conclusão

Por fim, como afirma Enry Petrosky, “um verdadeiro sucesso frequentemente acontece porque seus projetistas primeiramente pensaram no seu fracasso. De fato, uma simples definição de sucesso deve ser a eliminação do fracasso.” Esta afirmação faz muito sentido já que, em qualquer projeto, uma das coisas que o engenheiro primeiramente pensa é como a máquina pode falhar, muitas vezes ele não tem certeza e a solução encontrada é recorrer a um coeficiente de segurança grande que algumas vezes está previsto em normas. Outro fato é que, mesmo seguindo as normas, as obras podem falhar, já que, como foi discutido anteriormente, não se conhece muito bem o fenômeno, outro ponto chave é que as normas técnicas também vão mudando com o tempo. Contudo, todos os erros que causaram as tragédias citadas neste artigo contribuíram de alguma forma para mudanças em suas áreas que podem ajudar a diminuir a ocorrência dessas tragédias pelo mesmo erro.

### Referências:

EDMONSON, Amy C. "Estratégias para aprender com o erro"; *Harvard Business Review*. Disponível em < <http://hbrbr.com.br/estrategias-para-aprender-com-o-erro/>>. Acesso em 20 de junho de 2016.

en.wikipedia.org

SOUSA, Rainer Gonçalves. "Acidente de Chernobyl"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/historia/chernobyl-acidente-nuclear.htm>>. Acesso em 20 de junho de 2016.

PETROSKY, Henry. “Success through failure”

DUHIGG, Charles. “O Poder do hábito”.

<http://www.autoentusiastasclassic.com.br/2012/04/nemesis-da-engenharia-e-o-titanic.html>. Acesso em 20 de junho de 2016.

<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/mundo/internacional/noticia/2012/04/14/cem-anos-depois-ainda-o-fascinio-39038.php>. Acesso em 20 de junho de 2016.