

TEORIAS ORGANIZACIONAIS DA SEGURANÇA: AS ABORDAGENS SOCIOTÉCNICAS E O CASO DOS SUBMARINOS NUCLEARES

Leonam dos Santos Guimarães¹

RESUMO

Por que tragédias como Mariana, Fukushima, Chernobyl, Exxon Valdez e Bhopal ocorreram? Esses acidentes seriam evitáveis? Ou seriam a inevitável consequência da utilização generalizada de tecnologias de risco no mundo moderno? Existem duas escolas de pensamento antagonistas sobre essa questão específica. A primeira encarna a visão otimista, chamada “teoria das organizações de alta confiabilidade”. A segunda escola, chamada “teoria dos acidentes normais”, apresenta um prognóstico muito mais pessimista. O presente artigo examina as duas escolas de pensamento mais importantes na literatura de teoria organizacional relativa à questão da confiabilidade e da segurança de sistemas tecnológicos complexos, abordando em especial sua aplicação aos submarinos de propulsão nuclear.

Palavras-chave: Teorias Organizacionais de Segurança. Abordagens Sociotécnicas. Submarinos Nucleares.

¹ Doutor em Engenharia Naval pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Mestre em Engenharia Nuclear pelo Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires da Universidade de Paris XI, Diretor de Planejamento, Gestão e Meio Ambiente da Eletrobrás Termonuclear S.A. – ELETRONUCLEAR, Rua da Candelária 65 10º. andar, Centro, Rio de Janeiro – RJ, CEP 20091-906, e-mail: leonam@eletronuclear.gov.br / leosg@uol.com.br

INTRODUÇÃO

A literatura sobre organizações complexas é extensa e diversa (REIMANA, 2015), mas existem duas escolas de pensamento antagonistas sobre a questão específica da segurança. A primeira encarna a visão otimista chamada de “Teoria da Alta Confiabilidade”, cujos adeptos postulam que operações extremamente seguras podem ocorrer, mesmo quando envolvem tecnologias extremamente perigosas, desde que haja um planejamento organizacional e técnicas de gestão adequadas. A segunda escola, chamada de “Teoria dos Acidentes Normais”, apresenta um prognóstico muito mais pessimista: acidentes sérios envolvendo sistemas complexos de alta tecnologia são inevitáveis. Examinaremos essas duas escolas de pensamento, as mais importantes na literatura de teoria organizacional relativa à questão da segurança e confiabilidade de sistemas tecnológicos complexos, com vista à sua possível aplicação aos submarinos com propulsão nuclear.

O termo *escolas de pensamento* foi usado deliberadamente, dado que representa em muitos sentidos uma melhor descrição do que existe na literatura sobre tecnologias de risco do que o termo *teorias*. Os estudos existentes estão baseados em combinações de lógica dedutiva abstrata e observação empírica indutiva, e os autores de cada escola não estão de acordo acerca de todos os detalhes relativos à segurança organizacional. Muitos termos específicos que aparecem com frequência na literatura não são sempre utilizados de maneira coerente. Além disso, é importante frisar que os prognósticos das duas escolas frequentemente se mostram imprecisos. Entretanto, os defensores de cada escola colocam o foco da atenção em um conjunto específico de fatores que, segundo eles, contribuem ou reduzem a segurança, e cada escola desenvolve um conjunto de hipóteses gerais que é tido como válido em uma multiplicidade de organizações através do espaço e do tempo. Essas ideias podem, portanto, serem vistas como teorias decorrentes das ciências sociais e podem ser comparadas entre si.

Essas duas escolas de pensamento têm suas raízes intelectuais em diferentes tradições da literatura sobre a teoria das organizações. Elas têm compreensões básicas distintas sobre como as organizações trabalham e mantêm diferentes visões acerca da melhor maneira de analisar organizações complexas. As teorias oferecem explicações gerais opostas

a respeito das causas dos acidentes ocorridos com sistemas tecnológicos perigosos e oferecem recomendações alternativas no sentido de incrementar a segurança no futuro. De forma mais ampla, elas têm visões conflitantes sobre o que poderia ser denominado *grau de perfeição* que é possível ser alcançado em organizações complexas. Finalmente, as teorias da alta confiabilidade e dos acidentes normais acarretam prognósticos muito distintos sobre as causas e a probabilidade de ocorrência de acidentes tecnológicos severos.

Os conceitos básicos dessas duas escolas de pensamento serão apresentadas e serão destacados os aspectos referentes aos erros humanos, de fundamental importância para ambas, e sua aplicação aos submarinos de propulsão nuclear.

TEORIA DAS ORGANIZAÇÕES DE ALTA CONFIABILIDADE

Os autores da literatura sobre a Teoria a Alta Confiabilidade acreditam que as tecnologias de risco podem ser controladas de modo seguro por organizações complexas se planejamento e técnicas de gestão inteligentes forem adotados (LEKKA, 2011). Esta conclusão otimista é baseada no argumento de que organizações eficientes podem satisfazer quatro condições específicas, necessárias para criar e manter um nível de segurança adequado:

- Os líderes da organização devem dar alta prioridade à segurança e confiabilidade;
- Existência de níveis significativos de redundância, permitindo que unidades de reserva ou redundantes compensem falhas;
- Reduções dos índices de erro através da descentralização da autoridade, de uma forte cultura organizacional e de operações de treinamento contínuas;
- Aprendizagem organizacional através de um processo de tentativa e erro, complementado por ações de antecipação e simulação.

Essas condições foram observadas em várias organizações de alta confiabilidade, como as refinarias de petróleo, e se essas condições existirem em outras organizações, então a teoria teria como prognóstico que acidentes sérios e catástrofes podem ser evitados (LEKKA; SUGDEN, 2011). Embora

a combinação apropriada de estratégias em um caso específico obviamente depende da natureza do problema em particular, a estratégia anti-catástrofe esboçada acima poderia ser aplicada praticamente a qualquer tecnologia de risco. Acredita-se que essas quatro condições podem ser aplicadas em grande parte das organizações que requerem tecnologias avançadas e nas quais o custo do erro é tão grande que precisa ser absolutamente evitado.

Dessa forma, embora os teóricos da alta confiabilidade não estabeleçam que quantidades e combinações precisas desses fatores sejam necessárias para o sucesso operacional com as tecnologias de risco, seu otimismo geral é evidente. Organizações adequadamente concebidas e bem geridas têm condições de operar com segurança até mesmo com as tecnologias mais arriscadas.

O primeiro e mais evidente pré-requisito para organizações de alta confiabilidade é que a extrema confiabilidade e segurança sejam assumidas como um objetivo prioritário, tanto pelos líderes políticos quanto pelos líderes da organização. Essas organizações mantêm o objetivo de afastar, acima de tudo, falhas operacionais graves. Isso cria uma visão organizacional na qual a eficiência de curto prazo assume um papel extremamente importante nas operações voltadas para a alta confiabilidade.

A literatura sobre a Teoria da Alta Confiabilidade sugere duas razões primordiais pelas quais os líderes organizacionais e políticos devem dar extrema prioridade à segurança se essa condição de alta confiabilidade tiver que ser realizada (LEKKA, 2011). Primeiro, as organizações de alta confiabilidade requerem níveis significativos de redundância e treinamento operacional constante, e esses dois fatores implicam em maiores custos operacionais. Não seria, portanto, surpreendente dizer que “mais seguro é mais caro”, na medida em que a segurança depende em grande parte do nível de recursos a ela aplicados. Se as autoridades políticas e os líderes organizacionais não estiverem dispostos a destinar recursos consideráveis para a segurança, essa postura fará com que acidentes ocorram com maior probabilidade.

Uma avaliação relativa à segurança nas operações de porta-aviões dos EUA argumenta que a Marinha convenceu o Congresso a reconhecer que é praticamente impossível realizar essas atividades sem a existência de uma significativa quantidade de redundâncias, em termos de operadores,

comunicação, estruturas, componentes, e treinamento, que são bastante caros. Quando organizações de risco cortam gastos em qualquer uma dessas áreas, a probabilidade de ocorrência de desastres aumenta (ROBERTS, 1990).

Embora altos níveis de redundância na estrutura e operações de uma organização possam incrementar bastante a confiabilidade, é benéfico reduzir o número e a gravidade de falhas de componentes individuais para evitar estressar os sistemas redundantes além de sua capacidade. Os teóricos da alta confiabilidade dirigiram atenção especial para as estratégias de operações e de gestão que podem reduzir o peso colocado na redundância. Três características interligadas de operações e de gestão foram identificadas como auxiliares da confiabilidade e segurança organizacional nessa literatura.

Primeiramente, alega-se que uma descentralização considerável da autoridade relativa à tomada de decisão deve existir em relação a questões de segurança em organizações de alta confiabilidade, com o intuito de permitir que respostas rápidas e apropriadas relativas a perigos imediatos sejam dadas pelos indivíduos mais próximos dos problemas.

Por exemplo, embora os porta-aviões da marinha americana e o sistema de controle do tráfego aéreo americano pareçam à primeira vista muito hierárquicos na sua estrutura de tomada de decisão, uma observação mais criteriosa sugere que, de forma surpreendente, processos de colegiado estão presentes e que uma autoridade operacional considerável se encontra de fato em níveis bem inferiores da organização. Durante operações de ritmo acelerado, oficiais de hierarquia mais elevada com frequência transferiam a decisão para o julgamento técnico do pessoal de hierarquia inferior. Até a pessoa no nível mais inferior no convés do navio tem a autoridade (e a obrigação) de suspender imediatamente qualquer decolagem ou aterrissagem que a seu ver poderá resultar em acidente.

Isso nos leva diretamente ao segundo fator de gestão de operações que contribui para a segurança: a criação de uma “cultura da segurança” dentro da organização. Práticas organizacionais comuns como a divulgação de regras formais e procedimentos operacionais padronizados podem contribuir para a confiabilidade se o ambiente externo for estável, ou seja, se as decisões que os operadores devem tomar se encaixarem todas num conjunto previsível de contingências (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2017). O problema central em organizações

que lidam com tecnologias de risco, entretanto, é que em geral esse não é o caso. Eles devem lidar com perigos inesperados e condições ambientais excepcionais de uma forma rápida, que é justamente a razão pela qual um nível significativo de autoridade descentralizada é considerado necessário. Todavia como pode uma organização desse tipo ter certeza que o pessoal de nível hierárquico inferior identificará as situações adequadamente, agirá de forma responsável, e tomará as atitudes adequadas nas crises?

A resposta, segundo os teóricos de alta confiabilidade, é recrutar, socializar e treinar o pessoal para manter uma cultura organizacional sólida com ênfase na segurança e confiabilidade. Essa cultura organizacional permitirá que o pessoal de nível hierárquico inferior, mesmo ao agir de forma independente, se comporte de forma semelhante e tome as decisões operacionais que seriam aprovadas pelas autoridades superiores.

O elemento final do gerenciamento de operações eficaz, identificado em organizações de risco bem-sucedidas é a manutenção de operações contínuas e treinamento. Um dos grandes inimigos da alta confiabilidade é a combinação usual de estabilidade, rotina e a ausência de desafios e de diversidade, que predispõe uma organização a relaxar a atenção e a afundar numa perigosa complacência que pode levar à negligência e ao erro. Um processo constante de melhorias em termos de treinamento, simulações de emergência frequentes e realistas e muitos desafios no trabalho operacional são, portanto, elementos que devem contribuir muito para reduzir as porcentagens de erro.

Cada um desses três fatores reforça o outro. Treinamento contínuo, normas culturais firmes e autoridade de decisão descentralizada podem produzir uma unidade de trabalho autorregulada em que os trabalhadores podem falar diretamente sobre riscos e dúvidas. Nesse sentido, organizações de alta confiabilidade são vistas como indústrias modernas, planejadas segundo “princípios sociotécnicos” nas quais trabalhadores polivalentes são organizados em equipes de produção semiautônomas e supervisionados de um modo mais livre. O acidente comum se tornará cada vez mais incomum nessas situações, uma vez que os trabalhadores estão vigilantes e comprometidos com a qualidade e a segurança da produção em função do seu desejo de aprender, sua compreensão acerca das políticas e dinâmicas da fábrica e sua estreita relação com seus colegas. O fator necessário final para a realização da

alta confiabilidade em organizações de risco, de acordo com essa escola de pensamento, é a presença de uma sólida capacidade de aprendizagem.

A crença na eficácia da aprendizagem organizacional através do processo de tentativa e erro é a alma da teoria da alta confiabilidade. Entretanto, como os custos organizacionais e sociais dos acidentes envolvendo essas tecnologias de risco são tão elevados, a estratégia de aprendizagem organizacional se fundamenta na melhoria contínua de procedimentos através de simulações dessas tentativas e erros.

TEORIA DOS ACIDENTES NORMAIS

Os teóricos dos acidentes normais adotam uma visão de sistemas abertos naturais em que as organizações e os seus membros são atores que têm seus próprios interesses, potencialmente conflitantes e em que as organizações são fortemente influenciadas por forças políticas e sociais mais abrangentes no ambiente. Esses veem as organizações como detentoras de preferências incoerentes, tecnologias obscuras e participação fluida. A teoria prevê que acidentes graves são inevitáveis quando as organizações que controlam tecnologias de risco dispõem tanto de alta complexidade interativa (que produz falhas peculiares e imprevistas) quanto de acoplamento com precisão (que faz com que falhas se multipliquem e fujam rapidamente do controle) (SCOTT; DAVIS, 2015).

Cada um dos quatro fatores que contribuem para uma grande segurança, identificados previamente pela Teoria das Organizações de Alta Confiabilidade, é considerado a partir da visão dos acidentes normais como ineficaz, difícil de ser melhorado, ou até contraproducente. Mesmo quando líderes dão muita prioridade para a segurança e a confiabilidade, o que não é sempre um fato, objetivos competitivos organizacionais e individuais reinarão: os desejos contínuos para maximizar a produção, manter a autonomia, e proteger as reputações pessoais, podem, entretanto, tornar inócuos esforços no sentido de melhorar a segurança. Acrescentar redundância não implica necessariamente maior confiabilidade, pois também aumenta a complexidade interativa, estimula os operadores a correrem mais riscos, e torna o sistema como um todo mais obscuro. A tomada de decisão descentralizada não implica necessariamente melhor segurança, pois sistemas acoplados com precisão exigem reações rápidas e adesão rígida aos procedimentos de operação convencionais.

Uma socialização intensa e uma forte cultura organizacional provavelmente não serão muito produtivas em organizações de risco, não

somente porque os líderes não podem saber como os operadores deveriam reagir em todas as contingências, mas também porque as sociedades democráticas não estão dispostas a isolar e controlar todos os aspectos das vidas dos membros dessas organizações. Treinamento e prática constantes não tratarão de cenários de acidentes que são imprevisíveis, extremamente perigosos, ou politicamente desagradáveis. Finalmente, inúmeros fatores vão limitar o processo de aprendizagem por tentativa e erro: incerteza em relação às causas dos acidentes, os interesses políticos e julgamentos tendenciosos dos líderes organizacionais e dos operadores de baixo escalão, compartimentalização dentro da organização e sigilo entre as organizações.

Uma abordagem extremamente importante para a Teoria dos Acidentes Normais é o chamado “Modelo da Lata de Lixo”, que procura explicar como as organizações complexas tomam decisões em condições que diferem radicalmente daquelas que reinam nos modelos racionais. Segundo esse modelo, essas “anarquias organizadas” têm três propriedades gerais (MAREH; OLSEN, 1986).

Primeiro, em vez de objetivos valiosos e coerentes, a organização funciona com uma variedade de preferências incoerentes e imprecisas. Pessoas distintas em diferentes níveis da organização podem ter objetivos conflitantes; os mesmos indivíduos podem ter objetivos diferentes e incompatíveis em momentos diferentes; as organizações podem chegar a desconhecer suas preferências até que escolhas posteriores sejam feitas.

Segundo, essas organizações usam “tecnologia indefinida” em suas operações. Embora a organização consiga sobreviver e até mesmo produzir, seus próprios processos não são compreendidos por seus membros. A mão esquerda da organização não sabe o que a mão direita está fazendo; o que aconteceu no passado e por que aconteceu não fica claro; e as ligações entre as ações da organização e as consequências de suas ações são obscuras.

Em terceiro lugar, há uma “participação fluida” no processo de tomada de decisão na organização. Os participantes vêm e vão, alguns prestam atenção enquanto outros não. Reuniões importantes podem ser influenciadas por pessoas tendenciosas, desinformadas ou mesmo desinteressadas.

Na principal referência sobre a Teoria dos Acidentes Normais, o autor seguiu sua própria opinião e usou e modificou muitas das ideias encontradas no Modelo da Lata de Lixo, numa tentativa de compreender os perigos de segurança nos sistemas de risco, tais como linhas aéreas,

usinas nucleares, navegação internacional, a indústria petroquímica e as armas nucleares. Sua conclusão pessimista de que “acidentes graves são inevitáveis, não importa quanto tentemos evitá-los” é nitidamente oposta ao otimismo mostrado pelos teóricos da alta confiabilidade. Que hipóteses e argumentos levam a essa conclusão? Comparada à abordagem da alta confiabilidade, a teoria dos acidentes normais é ao mesmo tempo mais estruturada e política (PERROW, 2011).

Ela é mais estruturada porque Perrow (2011) identifica duas características estruturais de muitas organizações que usam tecnologias de risco, a “complexidade interativa” e o “acoplamento com precisão”, que as tornam altamente propensas a acidentes, a despeito da intenção de seus líderes ou operadores. A teoria também é mais política, pois ela ressalta a importância da interação de interesses conflituosos, tanto dentro dessas organizações quanto na comunidade política como um todo. Esses interesses conflituosos podem exercer uma grande influência na frequência de acidentes catastróficos, na sua interpretação e, portanto, em quem acaba sendo culpado pelos erros, e, finalmente, até que ponto as estruturas organizacionais que tornam os acidentes normais inevitáveis, são modificadas ou abandonadas.

O que Perrow (2011) quer dizer ao afirmar que acidentes são normais em uma organização ou sistema tecnológico desde que ela tenha altos graus de complexidade interativa e acoplamento com precisão? Complexidade interativa é uma medida, não de um tamanho genérico de um sistema, ou do número de subunidades que existem nele, mas se refere à maneira como essas partes estão conectadas e interagem. As interações complexas são aquelas compostas por sequências não familiares, inesperadas, não planejadas e, ainda, não visíveis ou não imediatamente compreensíveis. O oposto disso é um sistema com interações lineares, aqueles de produção esperada e familiar ou de sequência contínua e, ainda, aquelas que são absolutamente visíveis, mesmo quando não planejadas.

Organizações e sistemas com alto grau de complexidade interativa têm a probabilidade de passar por interações frequentemente inesperadas e desconcertantes entre os componentes que não foram previstas pelos projetistas e que os operadores não conseguem detectar. São sistemas altamente vulneráveis às falhas em modo de causa comum².

² Situação em que componentes fundamentais compartilham uma característica comum, cuja falha acaba causando a pane de todos.

Seus projetistas e operadores podem trabalhar muito para prever e reparar todos os possíveis problemas potenciais, mas repetidamente, o que é um problema improvável, até mesmo a falha peculiar e banal, que desencadeia o chamado “acidente normal”.

Embora a complexidade interativa aumente a probabilidade desses incidentes peculiares e perigosos, a segunda condição estrutural do acoplamento preciso é necessária para a intensificação de um acidente normal completo. Se um sistema for acoplado com precisão ou acoplado de forma folgada, acabará influenciando a sua capacidade de se recuperar de falhas de pequena escala, antes que produzam problemas em larga escala.

Sistemas acoplados com precisão têm mais processos com programação de tempo: interações planejadas e não planejadas ocorrem rapidamente; itens devem se movimentar de forma contínua através do processo de produção; atrasos, prorrogações, e armazenamento de produtos incompletos não são possíveis. Ao contrário, em sistemas acoplados de forma folgada, a produção acontece mais vagarosamente, é possível deixar o sistema numa situação de espera, e atrasos são possíveis porque produtos inacabados podem aguardar um determinado tempo ou podem ser armazenados sem danos.

Em sistemas acoplados com precisão, as sequências e as atividades coordenadas necessárias para produzir o produto são invariáveis: só há uma forma de fazer o item e cada passo no processo deve ocorrer na sequência. Em sistemas acoplados de forma folgada, os produtos podem ser produzidos de inúmeras formas, itens podem ser reencaminhados e programações podem ser alteradas, e partes podem ser adicionadas mais tarde se houver atrasos ou falta de alguma coisa.

Sistemas acoplados com precisão têm pouca flexibilidade: quantidades usadas na produção devem ser precisas e os processos devem ser feitos de forma certa na primeira vez ou não haverá produção. Essa precisão não é necessária para o êxito de sistemas acoplados de forma folgada, e uma parte do processo de produção sempre pode ser repetida, se necessário.

Os instrumentos de segurança, redundâncias e proteções entre as partes do processo de produção em sistemas acoplados com precisão são limitados àqueles que foram concebidos na fase de projeto do sistema. Por causa dos processos com programação de tempo, das sequências de produção invariáveis, e da falta de flexibilidade nesses sistemas, há pouca possibilidade de improvisação quando as coisas dão errado, e meios de recuperação em geral têm tempo limitado para atuar. Mecanismos adequados de segurança e recuperação devem, portanto, fazer parte do sistema. Em sistemas acoplados de forma solta, há mais possibilidade de

respostas não planejadas, porém bem-sucedidas, para falhas individuais.

As organizações que têm alta complexidade interativa podem tanto ser acopladas de forma solta quanto com precisão. Se um sistema tem muitas interações complexas, falhas inesperadas e em modo comum são inevitáveis; e se um sistema for acoplado de modo preciso, será muito difícil evitar que essas falhas se encadeiem, provocando um acidente maior. Esses acidentes podem não ocorrer com frequência e de fato são raros, porém isso traz pouco alívio quando falamos de tecnologias de alto risco. Se houver a combinação de níveis significativos de complexidade interativa e de acoplamento preciso, segundo a teoria, a estrutura da organização acabará levando a acidentes graves.

Note-se aqui, entretanto, que a engenharia desenvolveu técnicas de gerenciamento de riscos e segurança de sistemas para fazer frente aos aspectos tecnológicos que envolvem complexidade interativa e acoplamento com precisão (GUIMARÃES, 2016). O “pessimismo” desta escola de pensamento reside no fato de não acreditar que essas ações da engenharia possam ser eficazes face aos aspectos sociotécnicos das organizações e pessoas que operam os sistemas, mesmo quando projetados de forma adequada.

AVALIANDO AS TEORIAS

Qual perspectiva a respeito das organizações de risco é mais precisa? Não é uma tarefa fácil avaliar essas duas teorias. As duas têm hipóteses relativamente plausíveis e as propostas e conclusões das duas teorias parecem decorrer logicamente dessas hipóteses. Além disso, os teóricos da alta confiabilidade tanto quanto aqueles dos acidentes normais oferecem inúmeros exemplos hipotéticos e empíricos para ilustrar e apoiar seus argumentos. Portanto, como se pode avaliar o poder explicativo global das duas abordagens teóricas?

A maior dificuldade deve ser reconhecida: como nenhuma das teorias oferece uma previsão assertiva a respeito da probabilidade de ocorrência de acidentes graves envolvendo tecnologias de risco, é impossível determinar o número preciso de acidentes os quais, se fossem descobertos ao longo do tempo, dariam sustentação ou fragilizariam as teorias.

Os membros da escola da alta confiabilidade comumente são suficientemente prudentes para evitar a declaração extrema de que a perfeição organizacional é possível. Nesse sentido, argumentam que existe uma boa chance de que as catástrofes sejam evitadas, afirmam somente

que existem organizações de risco que se empenham em procedimentos próximos do erro zero e postulam que essas organizações mantêm uma proporção muito baixa de erros e uma quase ausência total de falhas catastróficas.

De modo similar, os membros da escola dos acidentes normais afirmam simplesmente que em algum momento acidentes catastróficos ocorrerão: Os acidentes são inevitáveis e ocorrem o tempo todo. Os mais graves também são inevitáveis, embora não sejam frequentes. As catástrofes são inevitáveis, ainda que raras. Essa linguagem imprecisa sugere que as duas escolas teóricas têm uma avaliação em comum a respeito da probabilidade de ocorrência de acidentes perigosos a despeito da nítida distinção no tom de suas conclusões. Os teóricos dos acidentes normais olham para o “copo da segurança” e o veem 1% vazio. Já os teóricos da alta confiabilidade veem o mesmo copo 99% cheio.

Contudo, quando alguém leva em consideração os mecanismos causais envolvidos nas teorias, isto é, os fatores específicos, delineados no Quadro 1, que cada teoria alega que acarretarão, ou evitarão, os acidentes organizacionais, as contradições entre elas tornam-se mais claras. Isso sugere que um teste mais importante das teorias implica um histórico detalhado específico de estudos de casos em que aparece uma multiplicidade desses fatores, buscando saber se esses fatores têm a influência esperada na segurança e confiabilidade.

Quadro 1: Visões Antagonistas sobre Segurança em Tecnologias de Risco

Teoria da Alta Confiabilidade	Teoria dos Acidentes Normais
Acidentes podem ser evitados através de boa concepção e gestão organizacional.	Acidentes são inevitáveis em sistemas complexos e acoplados com precisão.
Segurança é o objetivo organizacional prioritário.	Segurança é um dos vários objetivos concorrentes.
Redundância aumenta a segurança: Duplicação e sobreposição podem tornar “ <i>um sistema confiável a partir de partes não confiáveis.</i> ”	Redundância em geral causa acidentes: aumenta a <i>complexidade interativa</i> e a opacidade e estimula a correr riscos.

Tomada de decisão descentralizada é crucial para permitir reações a surpresas imediatas e flexíveis no momento.	Contradição organizacional: descentralização é crucial para complexidade, porém, a centralização é necessária em sistemas acoplados com precisão.
Uma “cultura de segurança” aumentará a confiabilidade encorajando os operadores de campo a terem reações uniformes e apropriadas.	Um modelo militar de disciplina intensa, socialização e isolamento é incompatível com valores democráticos.
Operações, treinamento, e simulações contínuas podem criar e manter operações de alta confiabilidade.	Organizações não podem treinar simulando operações não imaginadas, muito perigosas, ou politicamente desagradáveis.
Aprendizagem por tentativa e erro de acidentes pode ser eficaz e pode ser acrescida de antecipação e simulações.	Negação de responsabilidade, relatórios falsos, e reconstrução da história prejudicam esforços de aprendizagem.

Fonte: Elaborado pelo autor

Por exemplo, que efeito o fato dos líderes darem alta prioridade à segurança teria nas crenças e no comportamento do restante das pessoas de uma organização complexa? Qual o impacto do acréscimo de equipamentos de segurança redundantes? Há de fato aprendizagem organizacional, corrigindo as causas dos problemas de segurança, após os incidentes graves? Ou relatórios enganosos, negando responsabilidades, fez com que a história fosse reconstruída?

É importante enfatizar que a simples existência de acidentes que quase acontecem é uma prova inadequada, tanto para reduzir a credibilidade da teoria da alta confiabilidade quanto para incrementar a credibilidade da teoria dos acidentes normais. Na realidade, há uma ironia aqui: quanto mais descubro acidentes que quase ocorrem, mais se pode dizer que o sistema funcionou, na medida em que incidentes finalmente não levaram a uma catástrofe. O fato de que erros individuais ocorrerão constitui, afinal, a razão básica pela qual a redundância e outras medidas de segurança são construídas nos sistemas tecnológicos complexos.

Quais eram as causas dos incidentes e as razões pelas quais não se intensificaram? Por exemplo, a adição de mais de um equipamento de segurança conseguiria evitar um acidente grave, tal como seria sugerido pelos teóricos da alta confiabilidade? Ou a causa do problema foi a

redundância, como prognosticado pela teoria dos acidentes normais? E se a redundância causou o incidente, o que fez com que não se intensificasse?

É essencial avaliar o poder explicativo das duas teorias. Isso terá grandes implicações na nossa capacidade de gerir as organizações complexas que utilizam tecnologias de risco na sociedade moderna, evitando a recorrência de acidentes catastróficos.

O PAPEL DO ERRO HUMANO

O erro humano tem um papel fundamental para explicar os problemas de segurança nas duas teorias (REASON, 1997 e 2000). É comum lermos que “80% dos acidentes têm como causa um erro humano!”. Isso se explica pelo fato de que o ponto de entrada das análises de acidentes é a constatação de um resultado que se distancia daquilo que era esperado. O operador humano inevitavelmente tem um papel nesse desvio. Mas o erro humano nem sempre é o erro de um ser humano ou, de qualquer maneira, ele não pode ser imputado àquele que se acredita ser o culpado.

Existem duas maneiras de não fazer aquilo que deveria ser feito: o desvio pode ser involuntário e podemos então falar de erro humano; é possível que o desvio se deva a uma decisão voluntária de não respeitar o que era esperado, expresso por um procedimento escrito ou uma regra implícita, nesse sentido é necessário falar de violação ou transgressão³. Quando essa atitude é acompanhada de uma intenção de causar dano, trata-se então de sabotagem ou autoflagelação⁴.

O erro humano involuntário resulta de processos psicológicos e fisiológicos presentes na percepção, na compreensão das situações de trabalho, nos processos de decisão, etc. Um comportamento errado remete principalmente a:

- Uma falta de conhecimento ou de experiência (eventualmente relativa a um problema de formação);
- Uma falta de vigilância e de atenção, que pode estar ligada à rotina, a um fenômeno de superatividade (sobrecarga cognitiva), a problemas pessoais não relativos à situação presente, etc.;

³ Caso do acidente ocorrido com a aeronave que transportava a equipe de futebol da Chapecoense (<http://www1.folha.uol.com.br/poder/2017/01/1851532-investigacao-sobre-causas-do-acidente-comeca-nesta-sexta-feira.shtml>)

⁴ Caso do piloto alemão que cometeu suicídio conduzindo deliberadamente sua aeronave contra uma montanha (<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2015/03/copiloto-estava-fora-da-cabine-na-hora-de-acidente-na-franca-diz-jornal.html>)

- A aplicação de uma regra ou de um procedimento incompleto ou ambíguo, que cria um sentimento de falsa segurança (a situação é coberta pelo procedimento) que induz os atores ao erro. Nesse caso, o erro humano consiste em ter feito exatamente o que era esperado;

- Instrumentos inadequados, como por exemplo, uma interface homem-máquina, ou um equipamento deficiente que pode induzir ao erro;

- Condições de trabalho que tornam difícil a realização da atividade: barulho ambiente, luminosidade deficiente, trabalho sob forte pressão de tempo ou de gestão , etc.

A violação ou transgressão consiste em não aplicar voluntariamente uma regra, um procedimento, etc. ou aplicá-la somente de modo parcial. A violação faz parte dos processos de adaptação dos atores ao seu ambiente de trabalho. A transgressão da regra se inscreve numa conduta de adaptação, de otimização da atividade. Esses desvios em relação aos procedimentos não resultam, na maior parte das vezes, em nenhum desvio relativo aos resultados esperados da atividade. Entretanto, segundo (RASMUSSEN, 1997), “um dos problemas fundamentais é que dentro de um sistema que possui defesas profundamente redundantes, uma violação localizada de uma das barreiras de defesa não tem efeito imediato ou visível e tem chances de passar despercebida. Nessa situação, as fronteiras de comportamentos seguros de um ator em particular dependem das prováveis violações das barreiras por outros atores”. As causas desse desrespeito voluntário das regras são múltiplas:

- A violação pode advir da consciência profissional e ser a expressão da competência dos atores, estes agiriam somente no sentido de ajustar seus comportamentos para preencher a distância existente entre o que foi previsto (o prescrito) e as realidades operacionais às quais são confrontados (o real).

- O profissional pode contornar as regras para realizar o trabalho a ser efetuado e atingir o objetivo de sua missão. Pode se tratar, por exemplo, de uma “medida de economia”, quando a regra é impositiva, mas a sua pertinência não é percebida. Nesse caso, a administração com frequência tem conhecimento das práticas de tergiversação e as tolera, pois sabe que o desempenho da organização depende disso. A violação é então coletiva e remete aos fenômenos de “normalização do comportamento desviante”; isso permite à organização transferir para os atores o conjunto

de contradições para as quais nenhuma resposta formal pode ser dada.

- O ator pode contornar as regras para se conformar às práticas de seu grupo de trabalho (fenômeno de submissão ao grupo e a seus valores); este exerce um tipo de poder contrário, frequentemente voltado contra o sistema burocrático que permite, por exemplo, reafirmar a identidade coletiva profissional.

Contornar de forma voluntária uma regra raramente decorre de uma iniciativa puramente individual. Os mecanismos que estão na origem do envolvimento na violação provêm com frequência de mecanismos coletivos e organizacionais. O ator se engaja conscientemente naquilo que ele compreende da situação, dos objetivos que ele deve atingir, das restrições que ele percebe, dos meios de que dispõe, das trocas com seus pares e sua hierarquia ou, ainda, daquilo que se tornou aceitável por sua cultura profissional.

O fato de cometer erros, ou de se engajar numa violação, não é necessariamente sinal de falta de profissionalismo ou de rigor, a expressão de uma negligência ou de uma vontade de fazer mal feito. Esses comportamentos provêm antes de tudo das disfunções da organização, das falhas gerenciais ou das lacunas de concepção dos sistemas técnicos que podem ser interessantes de se estudar para reforçar o nível de segurança⁵.

Entretanto, o confronto com a falha humana leva frequentemente a brandir o adágio popular segundo o qual “errar é humano”. Essa afirmação apresenta uma dupla vantagem:

- Para os profissionais, de lembrar que essas falhas são inerentes à condição humana e, por essa razão, desculpá-las ou mesmo se isentar de qualquer responsabilidade em relação a suas consequências (o erro não é a falha e não necessita uma sanção);

- Para os administradores, de sugerir que as falhas humanas são por natureza inelutáveis, que não há nada que possa ser feito para preveni-las de modo eficaz, e que há pouco a ganhar se interessando por um detalhe, sobretudo quando esse detalhe se refere a disfunções da organização ou dos elementos que têm a ver com a vida privada ou a paz social.

⁵ Distúrbios psicológicos também podem ser muito relevantes como várias experiências como o já citado piloto alemão comprovam.

Quando esses erros humanos têm consequências na segurança (o que nem sempre acontece), esse raciocínio não é satisfatório por duas razões principais:

- Enquanto ator do sistema, o operador humano age como uma pessoa consciente e responsável; esse ator toma decisões e age no interior de um quadro profissional regido por regulamentos e por normas profissionais; ele deve responder por certo número de obrigações entre as quais aquela de agir a fim de controlar os riscos de sua atividade; essa responsabilidade concerne também suas falhas e as consequências de suas falhas.
- Aceitar a inevitabilidade do erro significa aceitar explicar as disfunções através da fatalidade. Acontece que os acidentes não são devidos ao acaso e têm sempre causas profundas: falha humana, organizacional ou técnica. Invocar a fatalidade significa então recusar a reflexão acerca da tecnologia, da organização, do homem e as interações que ocorrem entre esses três componentes.

A expressão latina "*errare humanum est*" ("errar é humano") comporta uma segunda parte muitas vezes esquecida: "*...perseverare diabolicum est!*" ("perseverar [no erro] é diabólico!"). Ora, ela evoca o fato de que a persistência em um erro não é desculpável. No seu conjunto a expressão reconhece, portanto, o direito ao erro, mas não o de não fazer nada para evitar que se reproduza. Numa perspectiva de melhora da segurança, essa expressão convida, portanto, a adotar diversos pontos de vista complementares, considerando:

- A ação corretiva capaz de prevenir novas ocorrências das falhas identificadas; esta se apoiará numa modificação do sistema técnico ou documental ou numa organização e práticas de gestão que limitam a tendência às violações quando são inadequadas ou "legitimando-as" se elas são benéficas;
- A capitalização dos fatores contextuais que contribuíram para as falhas observadas; uma falha, mesmo insignificante em termos de suas consequências, deve ser analisada, lições devem ser aprendidas; o erro é uma ocasião para aprender e progredir, ele exerce uma função de regulação da vigilância individual e coletiva;
- A responsabilização de todos em relação ao controle dos riscos inerentes às falhas humanas; trata-se, portanto, de estabelecer uma reflexão

profunda sobre o papel do homem e das organizações, o homem sendo colocado como fonte potencial de erros numa organização, mas, também e sobretudo, entendendo o homem como ator positivo para a segurança, a salvaguarda e a qualidade dos seus atos.

O CASO DOS SUBMARINOS NUCLEARES

Sem dúvida, submarinos nucleares atendem plenamente aos critérios de “complexidade interativa” e o “acoplamento com precisão” para um sistema de alto risco da Teoria dos Acidentes Normais. No entanto, a experiência operacional dos EUA mostra que seu desempenho em segurança é excelente, tendo em vista que já foram construídas algumas centenas de unidades desde o “*Nautilus*”, primeira unidade construída no mundo ainda na década de 1950, e somente ocorreram dois acidentes significativos desde então. Com efeito, o caso dos submarinos nucleares já foi estudado pela visão da Teoria da Alta Confiabilidade (BIERLY; SPENDER, 1995) e uma síntese de doutrina de segurança para projeto e operação desses navios no Brasil foi proposta por Guimarães (1999).

O Almirante Rickover, criador da chamada “*Nuclear Navy*” dos EUA desenvolveu desde os primórdios dessa força um sistema de gestão fortemente condicionado por uma cultura organizacional calcada na segurança no projeto, construção e operação de suas unidades (HEWLETT; DUNCAN, 1974; DUNCAN, 1989; OLIVER, 2014). Os próprios submarinos são apenas a ponta nitidamente visível deste sistema. Embora pareça uma entidade independente, cada unidade é apenas um dos pontos de interação, onde os aspectos técnicos, organizacionais e culturais interagem para produzir alta confiabilidade.

O submarino nuclear ilustra como a cultura, como um nível mais elevado de conhecimento e experiência, pode interagir e apoiar uma organização para transformar um sistema de alto risco em um sistema seguro, validando os conceitos da Teoria da Alta Confiabilidade. A bordo, a alta centralização sobre a operação do sistema de propulsão nuclear é combinada com um alto grau de delegação. A delegação é controlada culturalmente por um poderoso sistema de seleção, treinamento e monitoramento mútuo, críticas e conselhos. O resultado é um padrão de comunicações extremamente eficiente, que dá ao sistema a capacidade de absorver os danos e imprevistos, e assim garantir alta disponibilidade.

Resta a questão de saber se esse tipo de sistema de alta confiabilidade pode ser implantado fora de um ambiente militar. Rickover argumentava

que seria possível, tendo sido responsável pelo projeto, construção e comissionamento da primeira usina nucleoeletrica comercial, ao final dos anos 1950 (UNITED NATIONS. Department Of The Interior, 1982). Teve ainda um importante papel na grande revisão da segurança da indústria nuclear civil americana decorrente das lições aprendidas com o acidente de *Three Miles Island* (TMI), em 1979 (UNITED NATIONS. Department Of The Interior, 1980).

Logo após o acidente, o então Presidente dos EUA, Jimmy Carter, criou a Comissão Kemeny para investigar o acidente de março de 1979 na usina nuclear de TMI. O relatório final desta comissão, fortemente influenciado por Rickover e a cultura de segurança da “*Nuclear Navy*”, recomendou que a indústria de geração elétrica nuclear estabelecesse um programa que especificasse normas de segurança adequadas, incluindo as de gestão, garantia de qualidade e procedimentos e práticas operacionais, e que realizasse avaliações independentes (KEMENY, 1979). Recomendou, ainda, que deveria haver uma coleta sistemática, revisão e análise da experiência operacional em todas as usinas nucleares, juntamente com uma rede de comunicações internacionais para facilitar o rápido fluxo dessas informações para as partes afetadas.

Ao abordar essas recomendações, a indústria de energia nuclear estabeleceu o *Institute of Nuclear Power Operations* (INSTITUTE OF NUCLEAR POWER OPERATIONS, c2015) em dezembro de 1979 e o encarregou de uma missão que continua sendo mantida até hoje: “*To promote the highest levels of safety and reliability – to promote excellence – in the operation of commercial nuclear power plants*” (INPO, 2017). De certa forma, essa missão se confunde com levar à indústria nuclear civil as práticas adotadas pela “*Nuclear Navy*” dos EUA.

A aplicação da cultura dos submarinos nucleares a outras organizações é objeto de estudos específicos (DIGERONIMO; KOONCE, 2016), sendo caracterizada por cinco valores: conhecimento e aprendizagem; conformidade processual; atitude questionadora; trabalho em equipe; e integridade.

Hyman G. Rickover foi um dos líderes norte-americanos de carreira mais longa. Por mais de 30 anos chefiou a “*Naval Reactors*” (NR), organização originalmente ligada ao “*Department of Energy*” do Governo dos EUA, que foi responsável não apenas por implantar a “*Nuclear Navy*”, mas também por criar e fomentar a indústria geração nucleoeletrica comercial. Hoje a NR está ligada à “*National Nuclear Security Administration*” (MORE...[200-?]).

Seria justo afirmar que as realizações da NR podem ser consideradas quase um fenômeno, especialmente durante a primeira década da sua existência. Foi nesse período que mais de 30 navios de propulsão nuclear foram construídos, juntamente com a primeira usina nuclear construída exclusivamente para geração comercial de energia elétrica do mundo. Foi Rickover, mais do que qualquer outro, quem introduziu a energia nuclear para fins pacíficos e, dessa forma, mudou o mundo como o conhecemos.

Certamente, qualquer líder capaz de tal realização merece ser estudado. Rickover tinha uma personalidade complexa, tendo sido descrito como excêntrico por alguns e inflexível, por outros. Não se pode argumentar que tudo o que ele fez foi louvável, ou aconselhável para que outros líderes o imitem porque, sem dúvida, o Almirante podia ser considerado como excessivamente impetuoso. Guimarães (2008) discute as ações e os fundamentos do seu padrão de liderança: ter uma visão (meta) e persegui-la; ajustar-se a um ambiente em transformação; cultivar e garantir o financiamento necessário; ter em mente os resultados; contratar o melhor; esperar o melhor; construir o conhecimento; uso de grupos para resolver problemas e tomar decisões; e manter-se informado.

CONCLUSÕES

O Brasil está envolvido no desenvolvimento do seu primeiro submarino com propulsão nuclear e as preocupações com segurança devem estar presentes desde as fases iniciais. Dessa forma, o aprimoramento constante dos processos visando à segurança deve ser perseguido com seriedade e tenacidade.

As abordagens sociotécnicas da teoria organizacional da segurança analisadas têm certamente importantes contribuições a fazer, complementando as abordagens de engenharia para o gerenciamento de riscos e garantia da segurança nuclear e naval (GUIMARÃES, 2002). A importância dos fatores organizacionais e humanos na realização dos objetivos de segurança, objeto de estudo das abordagens sociotécnicas, é unanimemente aceita pelo conjunto das partes envolvidas que participam do projeto, construção, operação e descomissionamento das instalações.

Entretanto, além desse reconhecimento de princípio, é preciso constatar que a consideração desses fatores pode ser melhorada. Eles não estão integrados de modo sistemático às práticas de engenharia. A técnica

necessária para que haja essa integração é pouco conhecida, ou mesmo compreendida. As condições técnicas, econômicas, organizacionais ou gerenciais que tornam essa integração pertinente e eficaz, nem sempre caminham juntas. As contribuições concretas dessa integração para a segurança devem ser constantemente demonstradas.

As razões que permitem explicar essa situação são múltiplas e complexas. Uma delas remete à dificuldade de tornar visíveis e compreensíveis os conhecimentos mobilizados para tratar dos fatores organizacionais e humanos ligados à segurança e, de maneira geral, da gestão dos riscos. Essa dificuldade deve-se em parte à complexidade e relativa “juventude” das disciplinas que tratam desses fatores, o que explica a frágil formalização desses conhecimentos.

Essa relativa fragilidade, que pode ser considerada uma força, na medida em que ela impõe um rigor metodológico e analítico, e o tema tratado pelos fatores organizacionais e humanos, ou seja, o funcionamento dos indivíduos e grupos em situação de trabalho, favorecem a emergência de ideias preconcebidas. O ser humano aprecia pouco a incerteza e, naturalmente, prefere uma quase verdade simplificada a uma realidade complexa pouco afeita a modelos. “O que é simples é falso, o que não é simples não tem utilidade”, dizia o poeta francês Paul Valéry.

ORGANIZATIONAL SAFETY THEORIES: SOCIOTECHNICAL APPROACHES AND THE CASE OF NUCLEAR SUBMARINES

ABSTRACT

Why did tragedies such as Mariana, Fukushima, Chernobyl, Exxon Valdez and Bhopal occur? Would these accidents be preventable? Or would they be the unavoidable consequence of the widespread use of risk technologies in the modern world? There are two opposing schools of thought on this particular issue. The first embodies the optimistic view, called “highly reliable organization theory”. The second school, called “theory of normal accidents”, presents a much more pessimistic prognosis. This article examines the two most important schools of thought in the organizational theory literature regarding the reliability and safety of complex technological systems, particularly addressing their application to nuclear-powered submarines.

Keywords: Safety. Organization. Submarine. Nuclear. Sociotechnical Approaches.

REFERÊNCIAS

BIERLY, P. E.; SPENDER, J-C. Culture and high reliability organizations: The case of a nuclear submarine. *Journal of Management*, v. 21, n. 4, p. 639-656, 1995.

DIGERONIMO, M.; KOONCE B. *Extreme operational excellence: applying the US nuclear submarine culture to your organization*. Colorado, EUA: Outskirts Press, 2016.

DUNCAN, F. *Rickover and the nuclear navy: the discipline of technology*. Annapolis, EUA: Naval Institute Press, 1989. Disponível em: <<https://energy.gov/sites/prod/files/2013/08/f2/DuncanRickoverandtheNuclearNavyComplete.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

GUIMARÃES, L. S. Lições de Gestão de um Almirante. *Revista Marítima Brasileira*, Rio de Janeiro, p.116-129, 2008. Disponível em: <http://www.academia.edu/4163864/Li%C3%A7%C3%B5es_de_Gest%C3%A3o_de_um_Almirante>. Acesso em: 15 fev. 2017.

GUIMARÃES, L. S. *Risk Management and System Safety*. Maharashtra, Índia: Frontier India Technology, 2016. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?isbn=9385699105>>. Acesso em: 08 mar. 2017.

GUIMARÃES, L. S. *Síntese de doutrina de segurança para projeto e operação de submarinos nuclear*. Tese (Doutorado em Engenharia)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3135/tde-08092004-084443/pt-br.php>>. Acesso em: 08 mar. 2017.

GUIMARÃES, L.S. Segurança naval de submarinos nucleares. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTE MARÍTIMO, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 19., 2002. Rio de Janeiro. *Anais eletrônicos...* Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.academia.edu/5828919/SEGURAN%C3%87A_NAVAL_DE_SUBMARINOS_NUCLEARES>. Acesso em: 01 mar. 2017.

HEWLETT, R, G.; DUNCAN, F. *Nuclear Navy: 1946 – 1962*. Chicago, EUA: The University of Chicago Press, 1974. Disponível em: <<https://energy.gov/sites/prod/files/2013/08/f2/HewlettandDuncanNuclearNavyComplete.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

INSTITUTE OF NUCLEAR POWER OPERATIONS. About us. c2015. Disponível em: <<http://www.inpo.info/AboutUs.htm#mission>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Safety Culture. [2001?]. Disponível em: <<http://www-ns.iaea.org/tech-areas/operational-safety/safety-culture-home.asp>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

KEMENY, J.G. (Org.). *The need for change, the legacy of TMI: report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island*. Washington, EUA, Oct. 1979. Disponível em: <<http://www.threemileisland.org/downloads/188.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2017.

LEKKA, C. *High reliability organisations: a review of the literature*. London: Health and Safety Laboratory for the Health and Safety Executive, 2011. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr899.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

LEKKA, C; SUGDEN, C. The successes and challenges of implementing high reliability principles: a case study of a UK oil refinery. *Journal of Process Safety and Environmental Protection*, v. 89, n. 6, p. 443–451, 2011. Disponível em: <[http://www.psep.ichemejournals.com/article/S0957-5820\(11\)00071-1/fulltext](http://www.psep.ichemejournals.com/article/S0957-5820(11)00071-1/fulltext)>. Acesso em: 21 jan. 2017.

MAREH J.G.; OLSEN J.P. *Garbage can models of decision making in organizations, in ambiguity and command: organizational perspectives on military decision making*. USA: Pitman Marshfield, 1986.

MORE About NNSA's naval reactors office. NNSA-NR, Washington, EUA, [200-?]. Disponível em: <<https://nnsa.energy.gov/ourmission/poweringnavy/moreaboutnavalreactorsoffice>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

OLIVER, D. *Against the tide: rickover's leadership principles and the rise of the nuclear navy*. Maryland, EUA: Naval Institute Press Annapolis, 2014.

PERROW, C. *Normal accidents: living with high risk technologies*. Princeton: Princeton University Press, 2011.

RASMUSSEN Jens. Risk management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety Science*, v.7, n. 2/3, 1997.

REASON, J. *Human error*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

REASON, J. *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot, UK: Ashgate Publishing Limited, 1997.

REIMAN, T.; ROLLENHAGEN, C.; PIETIKÄINENC, E.; HEIKKILÄC, J. Principles of adaptive management in complex safety-critical organizations. *Safety Science*, v. 71, p. 80-92, Jan. 2015.

ROBERTS, K. Some characteristics of the type of high reliability organization. *Journal Organization Science*, Maryland, USA, v. 1, n. 2, p. 160-176, May 1990.

SCOTT, R.W.; DAVIS, G.F. *Organizations and organizing: rational, natural and open systems perspectives*. New York: Routledge, 2015.

UNITED NATIONS. Department of Energy. Crisis contained: The Department of Energy at Three Miles Island, a History. Washington, EUA, 1980. Disponível em: <<https://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/7053806>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

UNITED NATIONS. Department Of The Interior. *Historic American Engineering Record Mid-Atlantic Region*. Pennsylvania, EUA: Shippingport Atomic Power Station, 1982. Disponível em: <<https://cdn.loc.gov/master/pnp/habshaer/pa/pa1600/pa1658/data/pa1658data.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

WHITWORTH, B.; MOOR, A. Handbook of Research on Socio-Technical Design and Social Networking Systems. *Information Science Reference*, Hershey, EUA, 2009. Disponível em: <<http://www.igi-global.com/book/handbook-research-socio-technical-design/504#table-of-contents>>. Acesso em: 08 fev. 2017.

