

## 5. Revisitando os modelos de segurança: complexidade, redes e construtivismo

Compreendemos agora que o campo é muito amplo. Por conseguinte, o caráter multidimensional e ocorrencial do acidente maior pode causar uma certa perplexidade. São inúmeras as possibilidades de lançar luz sobre a segurança industrial reivindicadas por várias disciplinas e tradições de pesquisa, e são até mesmo desejáveis. No entanto, ao multiplicar essas contribuições potenciais, surge também a sensação de que podemos de alguma forma perder o objeto e, conseqüentemente, o projeto de avaliação. Os esforços anteriores para matizar as contribuições dentro das quatro categorias propostas (Figura 4.1), a sugestão de identificar possibilidades de convergência e religação por meio dos atores, situações e artefatos (Figuras 4.2 e 4.3) ou ainda a identificação de um tema comum em torno da “construção da segurança” são alguns dos primeiros passos. Mas ainda não está necessariamente claro onde tudo isso vai chegar. Como fazer para que o especialista em políticas públicas, o sociólogo organizacional, o ergonomista ou o engenheiro possam se entender quando cada um deles traz consigo seus próprios conceitos, estudos de caso, experiências ou métodos?

Pode-se pensar que o que está na interseção de tantas disciplinas, cada uma com seus próprios princípios, seja no mínimo difícil de contemplar e descrever, uma vez que essa interseção não pode ser comum a tantas pesquisas e autores variados. Tem importância esse questionamento pois implica investigar a possibilidade da compreensão complexa de um objeto ou projeto que não pode ser reduzida à contribuição de um único ponto de vista. De fato, essa interseção no domínio da segurança industrial nunca se viu tão bem materializada como pelos esforços de sua construção gráfica em apoio de textos inovadores. A história da segurança industrial como campo de investigação mais ou menos autônomo em relação a campos preexistentes não se desenvolve com base em

saberes estabelecidos, e sim em inovações de autores que se afastaram da sua especialidade ao se interessarem por esse objeto nos anos 1980.

Algumas dessas inovações foram particularmente gráficas. No campo da segurança, tais contribuições são descritas como modelos, *safety models* ou *accident models*, que mobilizam numerosas analogias ou metáforas. Também podem ser consideradas, graças aos trabalhos em antropologia e sociologia da ciência, como inscrições assim como objetos de fronteira (de caráter performativo). Veremos isso um pouco mais adiante, após a apresentação de três modelos dos mais emblemáticos na primeira parte do capítulo. Contudo, a necessidade de novos modelos para enquadrar os dados melhor que os três modelos que vamos apresentar surgiu do meu enfrentamento de longo prazo com o desafio da transição da investigação de acidentes para a avaliação.

Por um lado, ao participar em investigações diversas em sua configuração (individual ou coletiva) e contexto (auditoria, pesquisa, perícia, inquérito de incidente ou acidente) em interação com vários perfis (investigador, doutorando, perito ou consultor em CHS, ou engenheiro), foi ficando claro que os múltiplos pontos de vista fornecem retalhos que nunca estão bem ligados mesmo entre si a respeito da questão da construção da segurança, ou ainda da avaliação. Por outro lado, nenhum dos modelos então disponíveis permitia visualizar todas as dimensões que interagem de maneira particularmente complexa naquelas muitas e variadas experiências de investigação.

Eles não explicam bem o que se deve exatamente observar e tentar compreender no funcionamento cotidiano da empresa. Precisamos ver como funcionam as oficinas? Os “erros” dos operadores? As telas dos computadores? A aplicação de procedimentos? A fiscalização e teste de válvulas ou sensores de pressão? A interação entre os serviços de manutenção e segurança? Os laboratórios de testes das novas reações químicas? O processo decisório da direção no plano estratégico? O lugar da segurança nas arbitragens do comitê gestor? A frequência das fiscalizações pelas autoridades de controle e o impacto nos investimentos em segurança? Todos esses pontos ao mesmo tempo? E assim por diante. Em relação a essas interrogações e aos pontos fracos identificados nos modelos disponíveis, o capítulo propõe, na segunda parte, dois modelos alternativos aos existentes na literatura. Esses modelos alternativos procuram integrar os desenvolvimentos dos capítulos anteriores.

## Modelos de segurança

Os modelos que favoreceram e encarnaram a cristalização de um questionamento específico sobre o tema da segurança industrial e dos acidentes podem ser reconhecidos a partir de oito critérios:

- 1) a inovação que trouxeram no momento da sua publicação em relação aos outros modelos então disponíveis;
- 2) a força e legitimidade dos seus antecedentes empíricos e conceituais;
- 3) sua ambição genérica (ou geral), para além das disciplinas científicas e setores industriais, oferecendo de forma específica uma visão combinada das dimensões tecnológicas e sociais da segurança industrial;
- 4) sua dimensão normativa, fornecendo princípios para a avaliação prospectiva ou retrospectiva de sistemas de risco;
- 5) a simplicidade e clareza dos princípios básicos de seu pano de fundo conceitual;
- 6) sua capacidade de traduzir esses princípios em representações gráficas, úteis para conceber de forma visual e sugestiva a segurança (ou acidentes);
- 7) sua popularidade e capacidade de atrair, em medida diversa, atores tanto de pesquisa quanto profissionais desses sistemas de risco;
- 8) a força e influência de uma rede de promotores, incluindo cientistas, consultores e especialistas da indústria, bem como autoridades ou associações profissionais.

Esses critérios levam-me a selecionar três modelos de segurança industrial (ou acidentes), embora isso obviamente não signifique que o campo da segurança industrial se limite ao trabalho desses autores, como foi demonstrado na retrospectiva no Capítulo 2. Esses três modelos são os seguintes:

- o modelo de barreiras de defesa em profundidade de James Reason;<sup>1</sup>
- o modelo da “migração” de Jens Rasmussen;<sup>2</sup>
- o modelo de Karl Weick, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld.<sup>3</sup>

As seções seguintes estão organizadas da seguinte forma: uma pequena biografia do pesquisador que promoveu o modelo, seguida dos princípios do modelo, seus pontos fortes e fracos e, finalmente, uma discussão sobre o

modelo no contexto histórico de sua produção.<sup>4</sup> As críticas aos modelos provêm da minha experiência como usuário deles ao longo dos últimos dez anos, bem como da sua análise à luz da literatura.

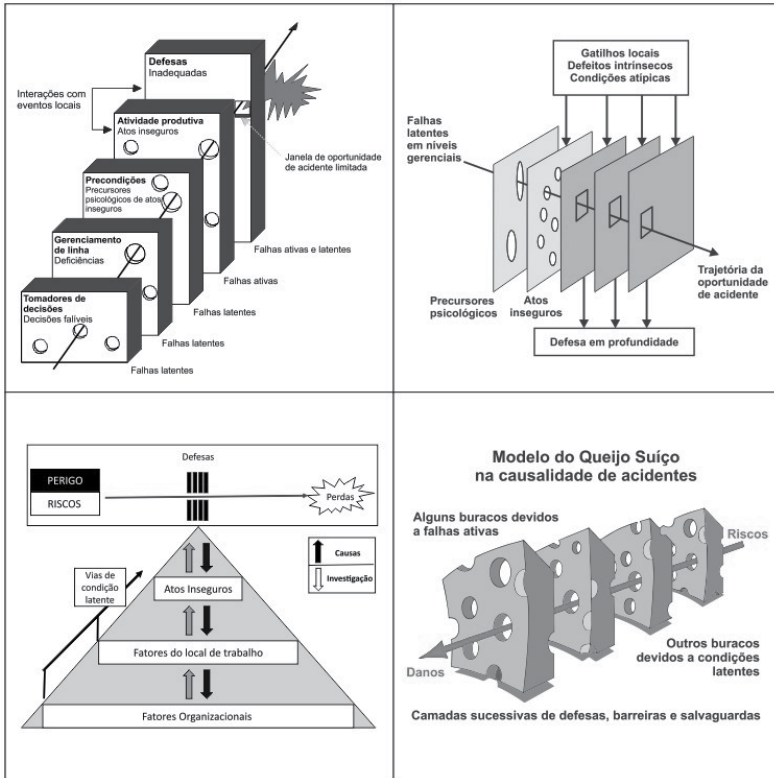
## Modelo de James Reason

James Reason, tal como visto no Capítulo 2, na categoria “cognição”, é um psicólogo que trabalhou com o erro humano antes de se interessar por uma visão, em seus próprios termos, mais sistêmica da segurança industrial. Inicialmente centrado em questões de caráter psicológico, explorou sucessivamente vários temas ao longo de um período de dez anos: ergonomia das cabines de comando das aeronaves (militares), desorientações e desconfortos causados pelo movimento (1964-1974, sistemas de transporte, Nasa), erros e falhas (1974-1984), a segurança e os erros de gestão (1984-1994, várias indústrias de alto risco) e, em seguida, questões culturais e organizacionais (em especial no campo médico, 1994-2014). A sua proposta para um modelo de segurança data dos anos 1980 e 1990, decorrendo inicialmente do estudo de relatórios de investigação de acidentes, nomeadamente os da estação ferroviária de King’s Cross e do navio *Herald of Free Enterprise* nos anos 1980. De acordo com a terminologia do autor, o modelo que ele desenvolve baseia-se em uma metáfora e uma teoria mais aplicável. Os relatórios permitem-lhe distinguir entre “falhas ativas” e “falhas latentes”. Para ele, “as falhas latentes têm a sua principal origem nos erros dos gestores de alto nível”.<sup>5</sup> A metáfora médica proposta é que “as falhas latentes são análogas aos patógenos residentes no corpo humano, que se combinam com fatores externos (estresse, agentes tóxicos etc.) para provocar a doença”.<sup>6</sup>

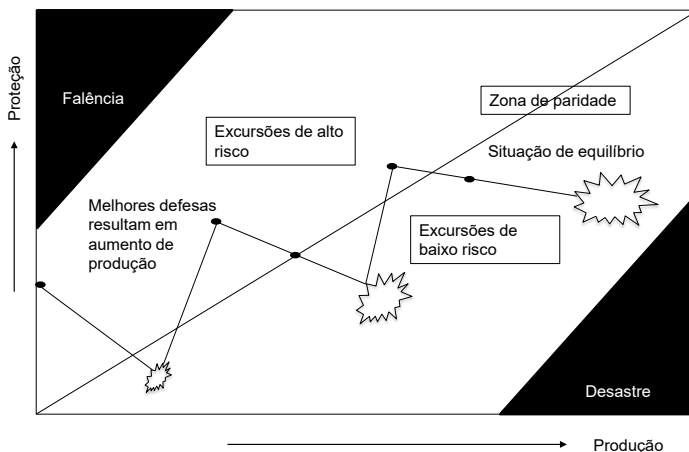
A teoria aplicável, que vai além da metáfora, consiste em uma série de elementos básicos: tomadores de decisão, gerenciamento de linha, condições prévias, atividades produtivas e, finalmente, defesas. Tudo isso representa uma série de “planos”, em que “vários fatores são necessários para criar uma trajetória de oportunidade através dessas múltiplas defesas”.<sup>7</sup> Essa contribuição inicial teve depois muitas variações, incluindo uma que permaneceu, conhecida como a metáfora do “queijo suíço”, uma série de fatias de queijo com buracos que permitem a passagem de uma sequência acidental (Quadro 5.1). Essas modificações, e em particular esta última versão, não são obra de James Reason, mas dos usuários do modelo, o que é uma indicação interessante da sua

apropriação, mas também da trajetória e das traduções a que se submetido o objeto uma vez que um modelo escapa de seu autor.

**Quadro 5.1** Várias versões do modelo de James Reason (1990/1997)



Diversas representações adicionais foram produzidas por James Reason, que acompanham e aprofundam algumas ideias esclarecedoras das contribuições iniciais. Várias dessas representações tentam captar a problemática do equilíbrio entre as necessidades de produção e de segurança dos sistemas de risco. Por exemplo, o esquema seguinte (Figura 5.1) indica uma dinâmica para as empresas, que consiste em navegar entre os polos “desastre” e “falência” ou “perdas”. Quando a proteção é aumentada (seta vertical), a empresa aproxima-se da falência ou de grandes perdas porque já não assume mais nenhum risco, e quando a dinâmica de produção é aumentada (seta horizontal) o risco de acidentes aumenta proporcionalmente, ocorre um incidente, e um novo ciclo é iniciado.



**Figura 5.1** A segurança como solução de compromisso cíclica (1997)

James Reason deixa claro, portanto, que seus modelos são sistêmicos no sentido de considerar menos os operadores do que a dimensão organizacional. No entanto, esse conhecimento aprofundado que o tornou um autor essencial no estudo dos erros permitiu-lhe ter uma visão especialmente apurada da dimensão cognitiva daquilo que ele chama “falhas ativas”. Ele visa os operadores mais próximos do risco, aqueles que, com suas ações, desencadeiam os acidentes. Na sua taxonomia de erros, sua classificação de “violações necessárias” dos procedimentos é uma via de acesso às problemáticas organizacionais.

Realmente, nesse tipo de erro, a prática dos operadores constitui uma adaptação provocada pelo contexto organizacional e de produção em que trabalham. Não se trata de um “erro” isolado, e sim, pelo contrário, um resultado do contexto. Com base nessa breve introdução, bem como na utilização desse modelo e nas análises críticas feitas por outros autores,<sup>8</sup> eis alguns pontos fortes e fracos que podem ser associados a esse modelo e à sua utilização:

- o modelo provoca uma compreensão intuitiva e imediata, bem como uma proximidade com o mundo da tecnologia das “defesas em profundidade”, que transita metaforicamente muito bem do tecnológico para o organizacional;
- exprime e simplifica a complexidade do problema do acidente, indicando os potenciais alinhamentos (azarados, na visão do autor) de buracos que caracterizam um cenário específico;

- permite imaginar que recomendações práticas possam ser consideradas com base no modelo, visando e melhorando as defesas do sistema, vedando os “buracos”;
- indica uma distância em relação aos alvos (ou danos), de tal forma que os incidentes possam ser expressos em termos de distância do desastre, tendo o modelo, assim, um caráter normativo, oferecendo em princípio uma possibilidade de avaliação;
- distingue entre atores de primeiro nível e atores distantes, que desempenham papéis diferentes na gênese dos acidentes, e é assim, de um certo ponto de vista, mais sistêmico do que individual, com a seta indicando um impulso vindo de “de cima” para “baixo”.

Pode-se considerar, porém, que essas grandes qualidades, que tornaram esse modelo tão bem-sucedido, apresentam uma série de limitações:

- o modelo não explica claramente o que são os furos na realidade, os usuários estão livres para fazer a própria interpretação; o modelo é mais sugestivo do que analítico nesse ponto;
- não explica como os buracos podem se alinhar, apesar dos acréscimos de James Reason, que tentou explicar visualmente a solução de compromisso entre produção e segurança (Figura 5.1), mas forneceu apenas um princípio vago, pouco aplicável;
- baseia-se em uma filosofia de erros e falhas (ativas ou latentes), introduzindo a noção de falta no nível dos operadores, gestores ou decisores;
- não é muito explícito ou insuficientemente específico sobre os “planos” (ou defesas) que podem ter relação com diferentes disciplinas (psicologia, sociologia etc.);
- não introduz especificamente atividades de gestão da segurança (análise de risco, retorno de experiência, gestão das mudanças) em relação aos planos, embora os sistemas de gestão da segurança sejam as abordagens mais difundidas nas empresas;
- deixa, portanto, muita margem de manobra para decidir o que as barreiras representam no funcionamento do sistema (funções, atores, procedimentos)<sup>9</sup> e o quanto elas devem anteceder no tempo e no espaço;
- oferece uma visão sequencial e linear das “causalidades” acidentais por meio de uma trajetória, uma flecha que cruza sucessivamente as defe-

sas, e não pode dar conta de causalidades circulares com temporalidades independentes.

É claro que nenhum modelo é perfeito ou pode ter a pretensão de não ter limitações, as quais, além de tudo, também dependem dos usuários. Mas, sobretudo, essas limitações refletem o momento histórico, a ancoragem disciplinar e a experiência do autor que propôs esse modelo, no caso, a aviação e a psicologia cognitiva para James Reason, nos anos 1980. Recentemente, o próprio autor do modelo tem se interrogado sobre suas limitações, perguntando-se se o modelo não estaria ultrapassado,<sup>10</sup> diante das críticas formuladas por alguns peritos nas investigações de acidentes aéreos.<sup>11</sup> Em sua resposta, propôs distinguir as diferentes finalidades que um modelo de acidente pode ter, de comunicação, investigação (retrospectiva) ou avaliação (prospectiva).

Da análise do modelo, ele conclui que

o modelo do queijo suíço tem um valor comunicativo indiscutível, de heurística explicativa [...] ele não fornece um modelo de acidente detalhado ou uma teoria detalhada de como uma multiplicidade de funções e entidades em um sistema sociotécnico complexo interagem e dependem umas das outras, e poder-se-ia alegar que o sucesso popular de um modelo se deve principalmente à sua capacidade de captar algo da complexidade da segurança e dos acidentes de forma muito comunicativa.

Assim, as críticas que foram feitas ao modelo o teriam “culpado por sua incapacidade de alcançar um objetivo que nunca teve”. Essa defesa do modelo e interpretação não são plenamente admissíveis, pois James Reason nunca disse em escritos anteriores que o modelo tivesse um escopo apenas comunicativo. De fato, as críticas recentes devem ser vistas em termos da diferença entre aquilo que o modelo permite analisar e o avanço do conhecimento disponível hoje no campo. Esse ponto será novamente levantado mais tarde, uma vez que se trata de uma crítica geral a esses modelos nascidos das pesquisas dos anos 1980 e 1990, como no caso das contribuições do segundo autor aqui introduzido, Jens Rasmussen.



## Modelos de Jens Rasmussen

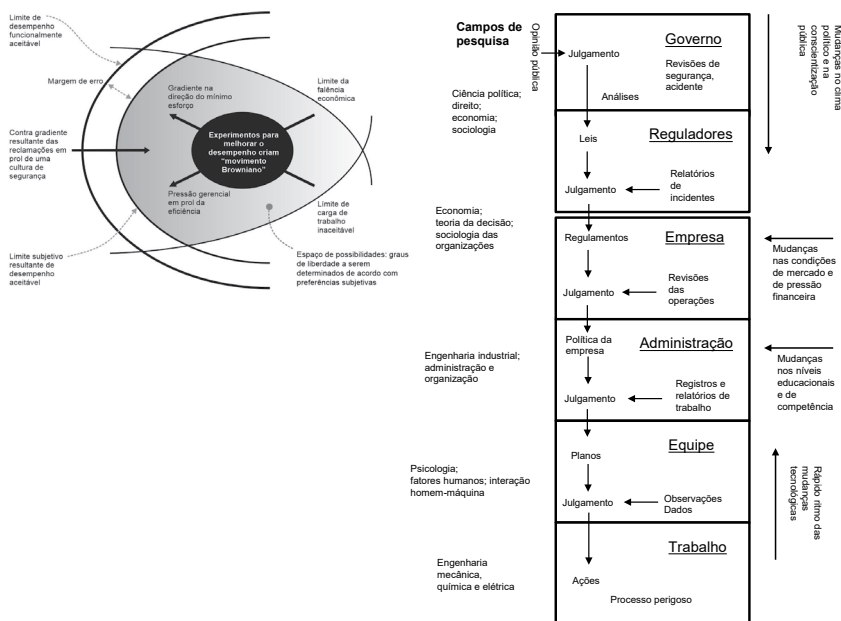
Originalmente formado como engenheiro, Jens Rasmussen tinha trabalhado com cálculos probabilísticos até os anos 1960. Voltou-se então para as problemáticas de segurança (não apenas material) no setor nuclear, do ponto de vista das interfaces homem-máquina, no Instituto Risø, criado pela Dinamarca para acompanhar os processos de escolha na introdução da energia nuclear nesse país.<sup>12</sup> Um dos temas centrais nos esforços do pesquisador na época foi a reflexão sobre recomendações para os projetos de interfaces homem-máquina. Esse período corresponde à introdução de computadores em indústrias de alto risco. Os operadores iam então estar encarregados de monitorar os processos indiretamente, por meio de informações nas telas dos computadores, situação inédita no âmbito do desenvolvimento nuclear (mas afinal, a Dinamarca não seguiu esse caminho, e o Instituto Risø teve que evoluir, orientando-se, por exemplo, para o desenvolvimento de um laboratório de engenharia cognitiva).

Assim como James Reason, Jens Rasmussen investigou uma ampla gama de temas ao longo de quarenta anos, incluindo confiabilidade e segurança das instalações, *design* das interfaces homem-máquina (ele é um dos fundadores da engenharia cognitiva), modelagem da cognição, definição de erro e confiabilidade humana, investigação de acidentes e modelagem de sistemas sociotécnicos. Simplificando um pouco, podemos distinguir três períodos: os anos 1960, voltados para cálculos de confiabilidade/segurança, os anos 1970 e 1980, com foco nas problemáticas “micro” dos sistemas sociotécnicos, e os anos 1990, dedicados a aspectos mais “macro”.

Apesar de uma abundante produção intelectual em modelos e desenvolvimentos metodológicos (por exemplo, no campo da análise da atividade cognitiva) que se tornaram referências em muitos campos, são os modelos do período “macro” que mais me interessam (pois oferecem o nível de especificação esperado para o exercício de avaliação), e em particular dois deles (Quadro 5.2). Esses dois modelos gráficos, combinados, estão entre os mais influentes na segurança industrial, contribuindo até hoje para delinear os desafios empíricos e teóricos nesse campo. O primeiro é o chamado modelo da migração para as fronteiras do funcionamento seguro. O seu desenvolvimento é baseado em vários princípios. O primeiro deles é a passagem de uma abordagem micro para uma macro. Em nível micro, as estratégias cognitivas dos operadores observados no trabalho mostram-lhe que, em qualquer situação, existe um certo grau de liberdade apesar das restrições existentes.<sup>13</sup> A problemática do erro, então, só pode ser apreendida levando em consideração as situações reais em que os

operadores estão imersos, nas quais eles aplicam estratégias de adaptação e descoberta específicas e contextuais em cada ocasião.

**Quadro 5.2** Principais modelos de Jens Rasmussen (1997) – modelo da migração (esquerda) e visão do sistema sociotécnico (direita)



É, de fato, muito difícil definir estruturas normativas infalíveis em universos onde a incerteza existe e são enfrentados imprevistos, sendo então o desvio não mais um problema, e sim, pelo contrário, uma necessidade de adaptação, ou mesmo de improvisação. Desse ponto de vista, o erro (ou desvio) é intrínseco à atividade cognitiva dos operadores, uma vez que é o resultado de processos de aprendizagem, adaptação e descoberta em universos incertos, onde se enfrentam acasos. No entanto, muitas vezes nas empresas, como Jens Rasmussen assinala, “se um atalho funciona, a pessoa é inteligente, caso contrário, é um erro, e ela é punida”.<sup>14</sup> É necessário, portanto, no plano da prevenção, levar em consideração essa complexa realidade cognitiva, esses processos de exploração e adaptação intrínsecos no universo dos sistemas de risco. De forma geral, sem erros não há aprendizado.<sup>15</sup> Assim, em vez de uma estrutura normativa fixa, é

mais pertinente do ponto de vista da segurança procurar especificar o envelope\* dentro do qual interessa permanecer, a fim de evitar incidentes graves.

É essa ideia que é transposta para o nível macro por Jens Rasmussen. Essa mudança tem base no seguinte raciocínio. Os sistemas de risco são compostos por um número muito grande de atores que, nos espaços de liberdade de que dispõem, se adaptam às restrições locais que encontram no decorrer de suas atividades. Esses atores são tanto os operadores como os gestores, a diferença está nas características dos seus ambientes. A agregação dos comportamentos desses atores, usando cada um do grau de liberdade de que dispõe, é a questão central da segurança industrial. Ela é o resultado de um processo de auto-organização, princípio emprestado por Jens Rasmussen do ciberneta Ross Ashby.

Ele então usa a analogia do movimento browniano (agitação aleatória de uma partícula grande em um fluido) e retoma a estratégia de defesa em profundidade usada por James Reason (Quadro 5.1), porém fazendo sua própria interpretação. Ele considera que existe uma “*ilusão de defesa em profundidade*”: “*O problema central é que, em tal sistema com barreiras de defesa redundantes, uma violação de uma das defesas não tem efeito imediato ou visível, e pode não ser notada durante o curso da ação. Nessa situação, a segurança do comportamento de um ator depende de outras violações potenciais por outros atores*”.<sup>16</sup> Acidentes podem ocorrer quando entra em jogo essa dinâmica, com a agregação de comportamentos minando e acabando por anular os efeitos pretendidos da defesa em profundidade.<sup>17</sup>

A esse primeiro modelo acrescenta um segundo, complementar, que é uma visão do sistema sociotécnico (STS, à direita, Quadro 5.2). Essa visão do STS é vertical, inspirada em seu fundo cibernético e de teoria de controle, e representa um sistema de circulação de informações ascendente e descendente entre diferentes níveis. Esses níveis interagem hierarquicamente em um ambiente com restrições de mercado, mudanças nas preocupações sociais ou ainda mudanças tecnológicas. Cada nível está ligado a uma disciplina científica, desde as ciências da engenharia até o direito, passando pela psicologia. Os níveis podem ser estudados horizontal ou verticalmente, mas o desafio é procurar a dinâmica global, o que implica um trabalho interdisciplinar e vertical. Essa é uma das questões-chave na segurança industrial para Jens Rasmussen. É esse modelo que foi posteriormente ampliado para usos de análise e comunicação nas

---

\* O termo envelope, usado às vezes para se referir aos limites operacionais de segurança de qualquer sistema tecnológico, originou-se na expressão envelope de voo (*flight envelope*). [N.T.]

investigações de acidentes, AcciMap, junto com o pesquisador Inge Svedung (Figura 1.2, Capítulo 1).

Mais uma vez, como nos modelos de James Reason, é necessário destacar não só a força, mas também a fraqueza da combinação desses dois modelos, começando pelas suas vantagens:

- mostram a importância de uma abordagem interdisciplinar e “vertical” das questões de segurança industrial;
- caracterizam as noções de variabilidade e adaptação de uma empresa dentro de um ambiente complexo de mudanças tecnológicas, econômicas e sociais, em relação à ideia de exploração nas fronteiras do funcionamento seguro;
- mostram, portanto, que os sistemas sociotécnicos são de fato dinâmicos, mudam e se adaptam a esses ambientes e que esse aspecto é essencial;
- substituem as noções de erro e falha pelas de variabilidade e adaptação dos operadores e gestores (os acidentes podem ser considerados como “normais” dada a natureza exploratória do comportamento global que resulta da agregação dos atores);
- introduzem a noção de auto-organização, que permite apreender melhor como surgem situações de agregação sem terem sido planejadas centralmente por um centro de tomadas de decisão;
- permitem mostrar a natureza distribuída do problema da segurança industrial, indicando a multiplicidade de atores nas suas múltiplas localizações temporais e geográficas (em particular por meio dos gráficos de análises de acidentes);
- oferecem uma transposição particularmente intuitiva e convincente da cognição para a organização.

É claro que, em relação à lista anterior (não exaustiva) das grandes qualidades desses modelos, também interessa mencionar algumas limitações:

- implicam uma visão hierárquica do sistema sociotécnico, com o governo e as autoridades no topo, que parecem estar numa posição de controle, o que obviamente é problemático diante da realidade;
- sugerem que o fluxo de informação é de natureza cibernética e sequencial, em primeiro lugar, ao não indicar a inexistência de comunicação

direta entre níveis separados e, em segundo lugar, ao não indicar os filtros existentes entre os níveis;

- permitem imaginar que existem limites que poderiam, em princípio e na realidade, ser identificados e definidos, como indicado pelas linhas, mas não sabemos, de fato, se essas linhas podem ser definidas antecipadamente (isso continua sendo uma hipótese);
- não indicam como as disciplinas científicas comunicam entre si, como interagem, como uma disciplina pode ou não ser reduzida por outra;
- não fornecem nenhuma informação sobre sistemas de gestão da segurança, o que pode ser difícil quando se trata de introduzir esses esquemas em uma leitura mais industrial da segurança;
- sugerem mais do que indicam com precisão as dimensões que devem ser monitoradas ou observadas na exploração dos sistemas sociotécnicos no seu ambiente.

Ao contrário de James Reason, não há muitas críticas aos modelos de Rasmussen na literatura sobre segurança industrial, que poderiam complementar ou reforçar os pontos fortes e fracos expostos aqui. Os seus modelos são frequentemente considerados como clássicos do campo, cuja influência ainda é forte, com trabalhos dos últimos anos confirmando a relevância das abordagens oferecidas. Por um lado, sua abordagem ecológica dos erros é hoje complementada pela noção de resiliência e, por outro lado, sua utilização das ideias sobre auto-organização, emprestadas de Ross Ashby, antecipa os desenvolvimentos contemporâneos em torno das ciências da complexidade. Contudo, tanto para Jens Rasmussen como para James Reason, essas propostas permanecem ancoradas nas disciplinas de origem desses autores, próximas das ciências da engenharia, psicologia e ergonomia, mas também das interpretações que oferecem dos relatórios das comissões de inquérito da época, nos anos 1980 e 1990, nomeadamente Chernobyl, Challenger ou mesmo Piper Alpha ou Clapham Junction.

Esses modelos são, portanto, produtos do seu tempo. Assim, ambos estão ancorados em uma perspectiva de erro humano, embora os dois autores se distanciem de forma diferente da noção de erro. James Reason introduz a distinção entre erro ativo e erro latente, enquanto leva para uma abordagem chamada sistêmica, na medida em que o foco é mais amplo do que a estação de trabalho. Jens Rasmussen aponta o caminho para uma abordagem ecológica da cognição, em que a busca do erro já não é o ponto de partida. Para uma perspectiva

diferente, devemos olhar para os Estados Unidos, na linha dos trabalhos HRO, com influências de disciplinas como a psicologia organizacional, as ciências políticas e a psicossociologia. É nessa tradição de pesquisa que Karl Weick, junto com dois colegas, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld, propôs um modelo que fez sucesso, como os dois modelos antes descritos, tanto entre os pesquisadores quanto os atores das indústrias de risco.

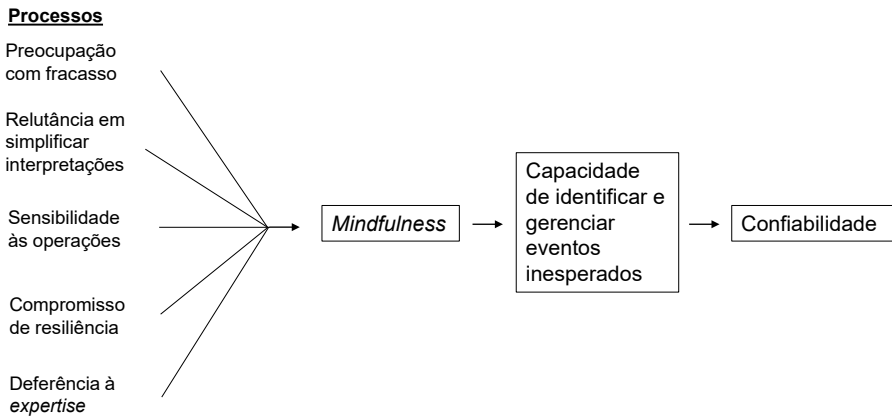
## Modelo de Karl Weick

Karl Weick é um psicossociólogo que renovou a forma de olhar as organizações ao longo de quarenta anos de produção científica desde o final dos anos 1960, com a proposta de um arcabouço teórico<sup>18</sup> que ele tem continuamente desenvolvido, expandido e aplicado em muitos temas desde então,<sup>19</sup> tornando-se um autor especial, fonte de inspiração para muitos pesquisadores.<sup>20</sup> Entre as principais contribuições desse autor estão os conceitos de *enactment*, de criação de sentido (*sensemaking*) ou ainda de *equivocality* (sendo esses conceitos difíceis de traduzir). A partir de várias contribuições, com uma influência pragmatista muito forte (William James, Herbert Mead) que o aproxima do interacionismo simbólico,<sup>21</sup> seu olhar baseia-se nos processos de interação, nos processos e construção dinâmica da realidade, em constante movimento, no seio dos universos administrativos e organizacionais, mas também, por conseguinte, dos universos de risco. Karl Weick é, de fato, um protagonista do programa das HRO, que iluminará com suas próprias ferramentas intelectuais, sozinho<sup>22</sup> ou em colaboração com diversos autores.<sup>23</sup>

O sucesso do modelo de *collective mindfulness*, produzido em colaboração com Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld, provavelmente reside no fato de ser o primeiro a sintetizar em um modelo genérico de orientação normativa, as realizações da tradição de investigação HRO, associando-o a uma representação gráfica. Esse modelo, de fato, deriva em grande parte dos estudos empíricos de pesquisadores como Karlene Roberts, Todd La Porte e Gene Rochlin, e vai mais longe ao combinar contribuições das ciências da administração, ergonomia cognitiva, sociologia e antropologia, bem como o retorno de experiência de acidentes maiores. O motor para os autores é a constatação de que “os trabalhos HRO existentes continuam sendo, até agora, mais descritivos do que teóricos” e que “os principais processos HRO permaneceram inarticulados”.

Para esses autores, esses processos são: 1) uma preocupação particular do coletivo em relação às falhas; 2) uma vontade coletiva de não simplificar as

representações; 3) uma sensibilidade particular em relação às atividades; 4) um envolvimento na resiliência; 5) um lugar central dedicado à competência (Figura 5.2). A particularidade desse modelo é sua sustentação pelo universo intelectual de Karl Weick, que os autores recordam ao afirmar que “a vigilância está menos ligada à tomada de decisões, um foco tradicional no campo da teoria organizacional e da prevenção de acidentes, e mais ligada ao processo de investigação e interpretação ancorado nas capacidades de ação”.<sup>24</sup> As empresas que mantêm esses processos estão em uma boa posição para evitar que os sinais de alerta sejam ignorados e materializem o potencial de desastre.



**Figura 5.2** Modelo da “vigilância coletiva” (Weick et al., 1999)

Como se pode ver, esse modelo já não está orientado e baseado em uma conceituação do erro humano em uma perspectiva próxima de James Reason ou Jens Rasmussen, e sim nos processos interacionistas e na construção tanto do sentido como dos ambientes pelos atores, que os criam e são retroalimentados por eles. Os cinco processos que os autores concebem com base na sua revisão bibliográfica devem, assim, ser considerados como componentes dinâmicos em interação contínua. No entanto, interessa prestar atenção novamente nos pontos fortes e fracos desse modelo, a fim de preparar o terreno para alternativas. O interesse do modelo de *atenção plena coletiva* (*collective mindfulness*) é, portanto:

- fornecer uma estrutura normativa e teórica para o trabalho descritivo dos estudos HRO que possa oferecer uma interface entre pesquisadores e profissionais em função das suas implicações em termos de avaliação;

- combinar explicitamente as contribuições de duas abordagens no campo, que foram por vezes opostas (em especial com os debates entre HRO e acidente normal), entre funcionamento quotidiano e estudos retrospectivos de acidentes;
- considerar a interação dos indivíduos como uma chave de acesso decisiva para compreender os mecanismos da segurança em vez de uma abordagem centrada na cognição individual, o que tende a promover uma passagem do psicológico ou cognitivo para o sociológico;<sup>25</sup>
- apoiar-se em uma abordagem positiva das interações, evitando as armadilhas de uma abordagem essencialmente centrada na identificação de erros, em detrimento dos princípios de resiliência;
- combinar várias fontes disciplinares (ciências da administração, ergonomia, sociologia, antropologia, psicossociologia) dentro de uma estrutura coerente de carácter genérico;
- encaixar-se no universo intelectual de Karl Weick, construtivista, questionando os postulados objetivistas dominantes nas ciências cognitivas e nas ciências da administração.

Claro que, mais uma vez, esse modelo não está livre de certas limitações e debilidades, que podem ser agrupadas na lista a seguir:

- o modelo gráfico apenas retoma e destaca de forma relativamente limitada os princípios que são, por outro lado, conceitualmente desenvolvidos pelos autores, esquema esse que parece estático em relação à dinâmica envolvida em particular;
- não inclui os ciclos de retroalimentação que podem ser encontrados no pano de fundo conceitual da vigilância coletiva, baseada nas noções de *sense-making* ou de *enactment* de Karl Weick, conceitos que são particularmente interativos e de causalidade circular;
- o modelo não distingue bem as diferentes categorias de pessoal encontradas nos sistemas de risco (engenheiros, gestores, operadores etc.);
- por conseguinte, não é fácil compreender como se aplicam todas essas dimensões de forma específica a essas diferentes categorias, e não se propõe distinção nenhuma de natureza micro/macro, por exemplo;
- o modelo não se baseia em estudos empíricos dos autores, e sim em uma combinação de pontos de vista em vários setores industriais, o que tende a dar ao modelo um carácter artificial em comparação com modelos base-



ados em estudos de caso, e comporta também um aspecto de modelo ideal difícil de imaginar na realidade (embora o modelo se torne uma referência normativa para as empresas tentarem seguir);

- o modelo considera as dimensões materiais e tecnológicas como externas aos processos cognitivos e não estão integradas conceitualmente no que caracteriza a “vigilância coletiva”, o que tende a sugerir que a segurança industrial só depende dos atores, sem considerar as outras entidades contribuintes;
- apesar do caráter muito interdisciplinar do modelo, os princípios de seleção dos estudos e disciplinas articulados não se explicitam, mesmo que se possa inferir (por meio de uma análise de fontes bibliográficas) um certo número de princípios com base nos estudos selecionados para o modelo.

Uma vez mais com esse modelo, o exercício dos “pontos fortes e fracos” mostra que qualquer tentativa desse tipo é limitada, uma vez que a complexidade da realidade ultrapassa qualquer esforço de racionalização.

## O que é um modelo?

Agora fica evidente que esses modelos foram produzidos com diferentes panos de fundo intelectuais e contêm diferentes analogias e metáforas. Embora não seja a intenção aqui decidir qual desses três modelos é o melhor, pode ser interessante fornecer alguns elementos de análise e perspectiva. Para tal, devemos primeiro perguntar “o que é um modelo?” Poderíamos começar por discutir a relação entre modelo e teoria. O que é um modelo em relação a uma teoria? Poderíamos também propor posicionar o modelo em função da sua relação com a indução, dedução ou experimentação, mas também de acordo com o objetivo do modelador. Podemos considerar, simplesmente, que um modelo é uma construção simbólica, matemática, literal, gráfica ou ainda computacional para descrever, explicar ou compreender e prever o comportamento de um fenômeno.<sup>26</sup>

Quanto à questão da relação entre modelo e teoria, o modelo pode ser distinguido desta última pela sua menor ambição, pela sua dimensão talvez mais local, sem que tal proposta seja inteiramente satisfatória. Quanto ao papel da indução, dedução, abdução (baseada no raciocínio analógico) ou experimentação na elaboração de modelos, pode-se considerar que depende muito

do campo estudado, desde as ciências naturais até a biologia, passando pelas ciências humanas e sociais, mas retornaremos a esse ponto mais adiante, na seção dedicada às analogias e metáforas. No que diz respeito à finalidade dos modelos, essa questão é aqui central, pois um modelo não pode ser dissociado da finalidade do seu autor, e esse aspecto está no cerne da construção do objeto e do exercício de avaliação da segurança industrial.

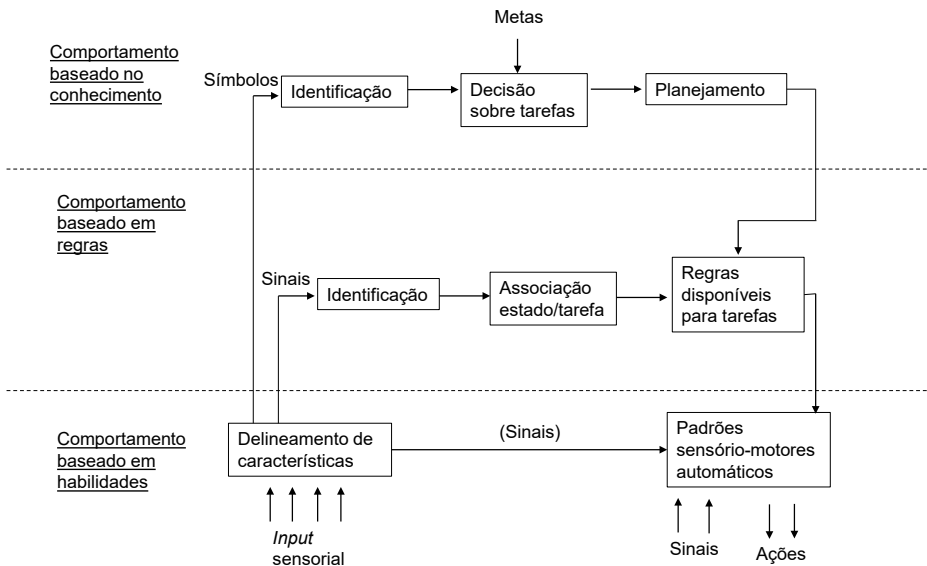
### “Descritivo e local” versus “normativo e genérico”

Tal como referido na retrospectiva, existe, de fato, uma rica tradição de modelagem no campo da ergonomia (psicológica ou cognitiva),<sup>27</sup> e em particular no campo da segurança (especialmente, como discutido, em relação à questão dos “erros”). Alguns autores discutiram várias distinções características. Entre elas, a distinção relativa à diferença entre modelo local e genérico é importante. James Reason comenta isso desta forma:

Para que a psicologia cognitiva essencialmente acadêmica dos anos 1960 e 1970 avançasse, era necessário realizar experimentos para comparar e tentar ver qual era a melhor de duas ou mais (mas geralmente duas) teorias em voga na época, dentro de um paradigma bem estabelecido. O resultado dessa abordagem “binarista” foi “uma base de dados quantitativos muito elaborada sobre uma grande quantidade de fenômenos, graças a numerosas teorias locais” (Card et al., 1983). [...] durante estes últimos anos, um pequeno número de psicólogos cognitivos, bem como uma linhagem mais recente de autores que se definem como pesquisadores e engenheiros cognitivos, iniciaram uma tentativa de produzir modelos da atividade “global”. Esses modelos traçam as grandes linhas das propriedades essenciais do sistema humano de processamento da informação, em termos deliberadamente gerais. Por simplicidade, vamos distinguir esses modelos chamando-os de gerais ou locais.<sup>28</sup>

O modelo de Jens Rasmussen, conhecido como SRK (*skill rule knowledge*; ver a Figura 5.3) é o arquétipo do tipo geral. Objetiva captar a cognição levando em consideração um grande número de dimensões, geralmente tratadas separadamente em campos especializados da psicologia, acrescentando um requisito adicional às tradições experimentais, nomeadamente o estudo de situações da vida real. Jens Rasmussen descreveu perfeitamente essa postura: “Um modelo

do comportamento do operador em relação à confiabilidade e segurança das instalações não pode ser obtido pela soma de resultados isolados da psicologia experimental. Deve basear-se no estudo do desempenho durante a atividade em situação real”.<sup>29</sup> A Figura 5.3 mostra essa representação, que foi brevemente discutida no segundo capítulo. Esse modelo mostra que, para uma descrição da cognição, existem vários níveis de atividade, baseados na internalização de modos automáticos (não conscientes) que interagem com modos reflexivos, que supõem uma consciência do sujeito. É nesse sentido que ele é geral, pois considera a cognição como um todo, sem focalizar a percepção, a memória ou os padrões. Ele é determinante para o desenvolvimento de James Reason, sendo com base nisso que ele concebe sua taxonomia dos “erros”.



**Figura 5.3** Modelo geral de Jens Rasmussen (1983)

René Amalberti retomará essa distinção em suas próprias considerações:

Esses modelos de caráter local contrapõem-se ao que Reason (1988) chama modelos universais, que são mais descritivos, mais sintéticos, mais paradigmáticos também, e que se inspiram em vários modelos locais para modelar um fenômeno cognitivo global, a produção de erros, por exemplo, mas sem retomar todos os pormenores ou toda a formulação desses

modelos locais, nem sua orientação à possibilidade real de validação experimental. O objetivo desses modelos universais é duplo:

- heurístico, por um lado, porque servem para suscitar outras pesquisas, outras reflexões;
- universo de referência, por outro lado, pois, embora distintos dos modelos locais, esses modelos universais são paradoxalmente indispensáveis como base para a interpretação dos resultados.<sup>30</sup>

Essa separação permite que esses trabalhos promovam um tipo de abordagem baseada em uma compreensão global da cognição, na perspectiva de uma avaliação de riscos em termos de “erros” (ou da dinâmica da sua gestão pelos indivíduos), não por partes, mas pela articulação de várias das suas dimensões constitutivas. Para James Reason (1988), essas dimensões envolvem, entre outros aspectos, em relação à cognição:

- a memória (longo prazo, curto prazo);
- a arquitetura cognitiva das decisões (centralizada, descentralizada, em série ou em paralelo);
- a representação do conhecimento (esquemas, *scripts*, *frames* etc.);
- os modos de controle (automático ou atencional);
- ou ainda o tamanho do espaço de trabalho (e tipo de memória).

James Reason considerava seu artigo como um “guia do usuário” em relação a várias contribuições de autores e suas preferências sobre essas dimensões então identificadas. Afinal, ele irá propor um modelo cuja gênese relata na sua obra,<sup>31</sup> amplamente inspirado na proposta de Jens Rasmussen, pioneiro da engenharia cognitiva, que introduziu um segundo aspecto da problemática da modelagem.

De fato, além dessa primeira distinção entre modelo “local” e “geral” (ou “genérico”), a distinção entre descritivo e normativo é também frequentemente encontrada. Prosseguindo com o exemplo da ergonomia, dado que a sua razão de ser é a adaptação do trabalho ao homem, e de forma mais específica no campo dos riscos, a gestão ou redução dos erros para manter a segurança, a ergonomia e a engenharia cognitiva distinguem-se do resto pelo seu projeto, mais do que pelo seu objeto. O projeto delas é agir, e não apenas “saber por saber”. Alguns descreveram a ergonomia como uma arte, mais do que uma ciência (o que levanta a questão da definição de ciência).<sup>32</sup>

Esse propósito condiciona os modelos produzidos, pois a representação tem que servir tanto para fins de avaliação quanto de ação. Jens Rasmussen, em seus trabalhos seminais de engenharia cognitiva no início da década de 1980, introduziu restrições específicas: “Considerando o homem como um processador de dados e como uma parte do sistema, é necessário descrever os processos mentais em um quadro de referência que seja compatível com as decisões que serão tomadas pelo idealizador de interfaces homem-máquina”.<sup>33</sup>

A fronteira entre “saber por saber” e “saber para agir” não é, portanto, tão evidente. Segundo René Amalberti,

houve o perigo, por um momento, de separar modelos para compreensão e modelos para ação. Bisseret enfatiza quão estéril foi esse debate e conclui que as duas abordagens não devem ser separadas, sendo necessário praticar uma psicologia para compreender, com um mínimo de precauções para que ela possa ser aplicada.<sup>34</sup>

É um ponto-chave esse princípio, segundo o qual é necessário manter tanto os objetivos de compreensão, descrição ou explicação quanto os objetivos de avaliação e ação.

É partilhado por muitos pesquisadores com ancoragens disciplinares variadas, seja no campo das ciências da engenharia, psicologia, ergonomia, ciências da administração, sociologia ou ciência política. Não obstante, essa tensão é problematizada de forma diferente em todos esses campos, em função das suas histórias, suas diferenciações em múltiplas correntes e seus próprios desenvolvimentos empíricos e teóricos. No entanto, todos eles enfrentaram esses problemas em um momento ou outro.

Voltando à ergonomia cognitiva (ou psicológica) ou à engenharia cognitiva, que servem como exemplos, foi procurando tanto um caráter genérico (ou geral) quanto normativo que essas disciplinas puderam fornecer modelos que têm servido de referência à prática, bem como aos desenvolvimentos mais conceituais. Essa reflexão permite também iluminar as contribuições de James Reason e Jens Rasmussen para a segurança industrial em níveis mais macrocópicos, orientados para uma abordagem sistêmica. Esses dois autores encontraram-se a meio caminho, nos anos 1980, entre a ergonomia, a psicologia, as ciências da engenharia e a segurança industrial e os relatórios de acidentes.

Os modelos de segurança que propõem apenas ampliam, então, esse posicionamento característico da ergonomia e da engenharia cognitivas, mas desta vez para uma maior conceituação e autonomização da segurança industrial.

Habitados a produzir modelos nesse campo ergonômico em pleno desenvolvimento nos anos 1980 (engenharia cognitiva), a mudança para posturas mais macroscópicas, para além das situações de trabalho dos operadores, parece ao todo, em retrospectiva, natural.

A trajetória de Karl Weick e dos seus colegas é, desse ponto de vista, um pouco diferente, mas próxima. Pertencendo ao campo das ciências da administração e da teoria organizacional, eles também estão voltados a produzir modelos genéricos e um tanto normativos. De fato, os estudos HRO em que se inspiram envolvem inerentemente a tensão entre o descritivo e o normativo (ver a Figura 4.1). Ao estudar organizações que esses estudos qualificam como confiáveis e seguras, ou seja, capazes de conciliar as exigências de produção e de segurança, fornecem descrições que comportam um caráter normativo. Foi aliás essa circunstância que fez Andrew Hopkins destacar a sua atração para as outras organizações como ponto de referência na orientação de seus esforços para progredir na segurança.<sup>35</sup>

## Metáforas

Para além dessas duas fontes de tensão (local/geral, descritivo/normativo), os modelos de segurança aqui apresentados caracterizam-se também por empréstimos analógicos e metafóricos que determinam seu caráter nomeadamente inovador e intuitivo. Contrariamente ao que se pensa, a linguagem metafórica e o uso de analogias não se restringem à linguagem natural, mas são também intrínsecas à dinâmica da ciência. A gênese dos momentos criativos que caracterizam os avanços científicos são momentos em que, por meio de analogias ou metáforas, os conceitos circulam e iluminam campos de conhecimento. Evidentemente, no campo das ciências sociais essa dimensão parece bem estabelecida e óbvia, uma vez que fazem uso da linguagem natural, como mostra a evolução das noções de complexidade ou de rede na literatura. Temos o exemplo da ideia de modernidade “líquida” introduzida pelo sociólogo Zygmunt Bauman.<sup>36</sup>

Um bom exemplo do uso de analogia ou metáfora nas ciências “duras” é o conceito de “programa genético” nas ciências da vida. De forma convincente, o biólogo David Noble explica e critica o uso que se faz da expressão: “O genoma é às vezes descrito como um programa que dirige a criação e o comportamento de todos os outros processos biológicos dentro de um organismo.

Mas isso não é da ordem dos fatos. É uma metáfora. Além disso, é irrealista e pouco apropriada”.<sup>37</sup>

Esse exemplo nos remete à separação entre contextos de descoberta e justificção. Com isso voltamos à epistemologia e à filosofia da ciência, distinguindo, por um lado, o momento histórico, social e também, por conseguinte, individual e criativo da ciência, e, por outro, a coerência e validade do raciocínio. O contexto da descoberta não era tratado como um campo legítimo de investigação. Esse exemplo, no entanto, mostra a migração das noções cibernéticas de programa e de informação, do mundo da tecnologia e da sociedade, para o mundo da biologia, em uma época, nos anos 1950 e 1960, em que esses conceitos estavam em pleno desenvolvimento.

Com a flexibilização das doutrinas positivistas, a assunção dos princípios do raciocínio abduutivo, bem como a constatação que as teorias científicas evoluem e comportam de fato um caráter construtivista (ou seja, uma natureza criativa e ativa em relação ao ato de conhecimento, que não se baseia em uma relação de caráter empírico e ingênuo aos dados e experiências), torna-se inescapável a consideração das analogias e metáforas para o exercício de uma certa reflexividade. David Noble, por sua vez, conclui que

as metáforas estão muito mais ancoradas em nossas linguagens e processos de pensamento do que estamos preparados para reconhecer. Não há, de fato, muito de profundo que se possa dizer sem metáfora. Isso, que é obviamente verdade para a poesia e qualquer forma de produção literária, também é verdade para a linguagem científica.<sup>38</sup>

Voltando aos modelos de segurança que acabamos de apresentar, não é difícil constatar a mobilização de numerosas metáforas e analogias. No modelo de James Reason se combinam as barreiras de defesa em profundidade, a flecha que atravessa buracos, os patógenos residentes emprestados do campo médico e o processamento de informações no que diz respeito à cognição (analogia com computadores). Para Jens Rasmussen, são as metáforas do movimento browniano, do envelope de segurança e seus limites, e ainda da auto-organização, na analogia entre cognição e organização, bem como do processamento de informações, para cognição, que são utilizadas e articuladas para produzir seu modelo de segurança (em particular o modelo da migração, Quadro 5.2, à esquerda). Com Karl Weick e seus colegas, a metáfora da caixa-preta está presente no seu desenho, bem como uma analogia entre o nível cognitivo e o nível coletivo.

## Inscrição

Mas é preciso continuar ainda com os modelos, pois essas investigações realizadas sobre as tensões que os atravessam (entre dimensão local e geral, descritiva e normativa) e sobre seu caráter metafórico podem ser ampliadas questionando sua dimensão gráfica. E isso nos leva ao conceito de inscrição. Um dos resultados importantes das investigações empíricas da sociologia e da antropologia da ciência, especialmente sobre a atividade laboratorial, é, de fato, a centralidade dos registros escritos. Quando os cientistas são estudados em seu dia a dia no laboratório, constata-se que suas observações e experimentos sempre são atividades “mediadas” (executadas) por meios técnicos ou tecnológicos. Esses meios vão dos mais simples, como a tomada sistemática de notas com lápis e papel (por vezes utilizando uma codificação), até as tecnologias mais sofisticadas, com instrumentos que produzem dados e registros, como um espectrômetro de massas ou microscópio eletrônico.

Em ambos os casos, os dados gerados por esses instrumentos (prolongando os sentidos humanos) são traduzidos pelos cientistas na forma de gráficos, diagramas, curvas ou ainda traçados. Essa produção e utilização de inscrições serve de base para fazer comparações, para sobrepô-las e assim desenvolver um conhecimento. Foi Bruno Latour quem insistiu bastante nessa dimensão do trabalho científico.<sup>39</sup> Segundo esse autor, a atividade intelectual do cientista não constitui uma forma particular de racionalidade que o distinga de outras racionalidades não científicas, ou ainda do senso comum, senão um uso particular e constante de todas essas formas de inscrição, ou ainda, portanto, de um certo modo de ver. Sobrestimar o que se passa na “mente” do cientista, em detrimento de uma melhor compreensão da importância de todas essas inscrições no dia a dia para a visão científica, nos afasta do que significa na prática “fazer ciência”. Produzir ciência consiste, em boa parte, em passar por inscrições para poder enxergar, mas também em reduzir ou simplificar assim a realidade acessada.<sup>40</sup>

Os bilhões de galáxias, quando o astrônomo fala sobre elas com autoridade, nunca ocupam mais espaço do que o mapa do genoma de *Escherichia coli* na fala do biólogo com seus colegas; as tabelas de insumo-produto industrial ocupam mais ou menos o mesmo espaço das tabelas de partículas elementares; a maquete de uma refinaria nunca excede em muito o tamanho de um modelo plástico da molécula de hemoglobina.<sup>41</sup>



Poderíamos acrescentar que a segurança industrial no discurso dos pesquisadores e industriais, apoiando-se nos modelos de James Reason ou Jens Rasmussen, não ultrapassa uma folha A4. A segurança industrial em toda sua complexidade pode ser inteiramente contida em um desenho ou inscrição. Tal como acontece com as galáxias, o genoma de *E. coli* ou as partículas elementares, o trabalho se reduz por meio de um desenho que vai simplificar os milhares ou milhões de interações entre operadores, válvulas, interfaces, engenheiros, produtos químicos, gestores, sensores, fiscais, *software*, computadores, ferramentas e instrumentos necessários para manter a segurança (ou, pelo contrário, provocar um acidente).

É, portanto, de inscrições e suas propriedades visuais, se aceitarmos essa definição, que tratamos neste capítulo. Estas últimas materializam ou concretizam por meio do desenho um desenvolvimento que precisa ser descrito com algum texto, como um artigo ou livro (que são outras formas de inscrição). Embora os desenhos não sejam tudo e exijam o apoio de textos explicativos, o fato é que se tornaram pontos de referência essenciais e contribuíram para uma real autonomia do campo da segurança industrial, graças a seu caráter visual e gráfico. Assim, contribuíram para a interação entre diferentes comunidades de atores, com a identificação e reconhecimento por elas de um objeto e projeto comum nesses desenhos e textos associados. Desse ponto de vista, também funcionaram como objetos de fronteira.

## Objetos de fronteira

Após o destaque da importância das inscrições pela sociologia e antropologia da ciência, a noção de objeto de fronteira surgiu a partir de um artigo dos sociólogos Susan Leigh Star e Jim Griesemer em 1989.<sup>42</sup> O sucesso dessa noção foi particularmente importante, e propagou-se por numerosos campos, como os sociólogos Dominique Vinck e Pascale Trompette indicam em um artigo que revê os vários usos da noção.<sup>43</sup> Susan Leigh Star também examinou a trajetória desse conceito, esclarecendo seus contornos vinte anos depois de propor suas primeiras bases. A partir de trabalhos empíricos, a socióloga da ciência específica que “os objetos de fronteira são um arranjo que permite a grupos diferentes trabalharem juntos sem consenso prévio”.

Como acabamos de dizer, é preciso insistir no carácter empírico da noção, decorrente de uma postura interacionista em sociologia, preocupada com uma descrição detalhada das modalidades de interação entre atores de diferentes

grupos ou mundos sociais. A noção de objeto de fronteira revela todo o seu interesse quando se presta atenção especialmente às negociações e intercâmbios entre atores no contexto de ações conjuntas específicas. Não se trata, porém, de empreender tal estudo nesta revisão dos modelos de segurança, senão de indicar algumas vias para iluminar e compreender as razões da sua popularidade graças a essa noção. Na ausência de estudo empírico, é preciso mesmo assim reconhecer que os modelos de segurança e de acidentes aqui selecionados têm certas características que os aproximam da noção de objetos de fronteira, pelo importante papel que desempenharam na interface de muitas comunidades, embora provavelmente nunca tenha havido um acordo estável nem universalmente compartilhado sobre o que é a segurança industrial.

Como indicado nas listas propostas de pontos fortes e fracos, há sempre uma margem de flexibilidade interpretativa para os usuários. Essa dimensão é um dos pontos-chave da definição do objeto de fronteira.<sup>44</sup> Por exemplo, pode-se notar que os buracos nas barreiras do modelo de “queijo suíço” de James Reason não permitem dizer exatamente do que se trata. Esses buracos representam problemas procedimentais? Mas, então, de quais problemas estamos falando? Pode se tratar de falta de informação, falta de atualização, problemas na relação entre redação e execução, ou ainda de exaustividade etc. Nem o “queijo” das fatias fica claro, pois não corresponde necessariamente aos procedimentos. Estamos lidando com funções, decisões, atores ou atividades? Poderíamos questionar do mesmo jeito muitos dos pontos levantados nas listas estabelecidas previamente, para cada um dos modelos.

No entanto, apesar das muitas ambiguidades que contêm, esses modelos serviram de ponto de referência, tanto na pesquisa como na indústria. Eles estão de fato entre os modelos que são reivindicados por todas as disciplinas e tradições de pesquisa. Contudo, sem fazer as mesmas interpretações necessariamente, como ilustra muito bem o exemplo das fatias e buracos no “queijo suíço”. Esse modelo, aliás, foi o adotado oficialmente para investigações após incidentes ou acidentes na aviação (pela Organização da Aviação Civil Internacional – OIAC, para a Organização Internacional da Aviação Civil), mesmo contendo tantas ambiguidades. Serve tanto na pesquisa quanto na prática, como um objeto de fronteira, e isso também é verdade até certo ponto para os outros modelos introduzidos. Sobre este último ponto, interessa destacar igualmente o caráter performativo de todos esses modelos. Eles levam à transformação das representações e, por meio disso, também das práticas, decisões e modos de interação.

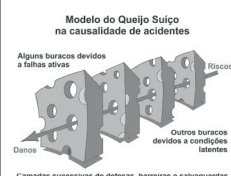

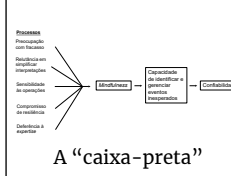
## Síntese

Tensão entre ambição genérica e validade local, tensão entre descrição e normatividade, metáforas, inscrições e objetos de fronteira, bem como performatividade, são aspectos dos modelos que acabam de ser discutidos que correspondem em grande parte aos oito critérios retidos na introdução deste capítulo para a seleção de modelos. A proposta é retomar esses critérios para sintetizar todos os pontos que foram vistos e discutidos (Quadro 5.3).

**Quadro 5.3** Síntese e comparação dos modelos de segurança introduzidos

	<b>Modelo de James Reason</b>	<b>Modelos de Jens Rasmussen</b>	<b>Modelo de Karl Weick, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld</b>
Inovação que traz o novo modelo quando se publica, em comparação com os modelos então disponíveis	Introdução de barreiras como princípio central para representar a segurança, emparelhada às falhas ativas e latentes. As trajetórias das setas visualizam a segurança industrial.	Introdução do princípio da “ilusão de defesa em profundidade”, auto-organização e comportamentos adaptativos explorando margens de liberdade em uma migração para além das fronteiras do funcionamento seguro. O envelope é então uma visualização da segurança.	Introdução de um arcabouço teórico em uma tradição de pesquisa que permaneceu inarticulada. Cinco processos estão religados e caracterizam propriedades cognitivas e coletivas. A “caixa-preta” de entrada-saída visualiza a segurança.

	<b>Modelo de James Reason</b>	<b>Modelos de Jens Rasmussen</b>	<b>Modelo de Karl Weick, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld</b>
Força e legitimidade de sua base empírica e conceitual	James Reason publicou uma tipologia do erro humano, incluindo as violações necessárias em relação às conclusões de relatórios de acidentes. A combinação de seus avanços no campo da psicologia cognitiva e uma abordagem sistêmica ajudaram a estabelecer a legitimidade do modelo.	Jens Rasmussen é o pioneiro de uma abordagem ecológica da cognição baseada em estudos de campo, caminhando para uma visão positiva da cognição dos operadores. Sua interpretação dos relatórios de acidentes, com o apoio de analogias para a passagem da cognição à organização, deu certa legitimidade às suas propostas.	Karl Weick fez uma contribuição inovadora em seu campo. Seu uso, junto com Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld, de seus próprios trabalhos, bem como de outras fontes em diferentes disciplinas, deu autêntica legitimidade ao modelo.
Ambição genérica (ou geral), além das disciplinas científicas e setores industriais, propondo especificamente uma visão combinada das dimensões tecnológica e social da segurança industrial	As fatias incluem as dimensões tecnológica, humana e organizacional, visualizam todos os fatores associados à segurança. As fatias não são limitadas, elas podem, em princípio, representar qualquer dimensão considerada relevante pelo usuário.	A visão conceitual do STS indica a distinção entre leitura horizontal e vertical, assim como a variedade de disciplinas, que vão das ciências da engenharia ao direito. O modelo da migração captura a dinâmica geral, combinando graficamente tecnologia, cognição e organização.	A estratégia interdisciplinar dos autores traz uma variedade de perspectivas interpretativas, incluindo a cognição de operadores e gestores. O <i>status</i> da tecnologia é pouco especificado, embora faça parte do ambiente dos processos selecionados e combinados.

	<b>Modelo de James Reason</b>	<b>Modelos de Jens Rasmussen</b>	<b>Modelo de Karl Weick, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld</b>
Dimensão normativa, fornecendo princípios para a avaliação prospectiva ou retrospectiva de sistemas de risco	Quanto mais fatias uma trajetória de acidente passar, menos segurança existe, e vários buracos indicam problemáticas sistêmicas que podem enfraquecer o conjunto e causar um acidente mais grave em um dado momento. A prevenção baseia-se no monitoramento do estado das fatias ou barreiras.	As pressões externas se traduzem em migrações mais fortes em direção aos limites da operação segura. Portanto, uma estratégia de vigilância das pressões sobre o comportamento distribuído dos atores é uma estratégia essencial de prevenção.	A ideia é que uma discrepância entre o que se espera dos cinco processos e o que pode ser observado na realidade é problemática e indicativa do nível de segurança. A estratégia de prevenção decorrente é comparar as práticas e o modelo para reduzir a diferença.
Simplicidade e clareza dos princípios básicos de sua base conceitual	Um acidente corresponde à trajetória de uma flecha em um alinhamento de buracos. A segurança corresponde à ausência (ou falta de alinhamento) dos buracos nas barreiras defensivas.	A segurança ou acidente resultam da capacidade do STS de permanecer dentro dos limites da operação segura, apesar das múltiplas pressões e margens de liberdade dos indivíduos para se adaptar às restrições.	Um certo número de processos cognitivos coletivos é necessário para produzir com segurança. A ausência desses processos aumenta a probabilidade de acidente.
Capacidade de traduzir esses princípios em representações gráficas, úteis para conceber de forma gráfica e sugestiva a segurança (ou acidentes)	 <p><b>Modelo do Queijo Suíço na causalidade de acidentes</b></p> <p>Alguns buracos devidos a falhas ativas</p> <p>Outros buracos devidos a condições latentes</p> <p>Danos</p> <p>Camadas sucessivas de defesas, barreiras e salvaguardas</p> <p><b>Modelo do “queijo suíço”</b></p>	 <p><b>Modelo da migração (+STS)</b></p>	 <p><b>A “caixa-preta” (entrada-saída) da vigilância coletiva</b></p>

	<b>Modelo de James Reason</b>	<b>Modelos de Jens Rasmussen</b>	<b>Modelo de Karl Weick, Kathleen Sutcliffe e David Obstfeld</b>
Popularidade e capacidade de atrair (em diversa medida) atores tanto da pesquisa quanto profissionais desses sistemas	O modelo do “queijo suíço” fez muito sucesso com os profissionais (especialmente em investigações profissionais no setor do transporte) e foi muito bem recebido pelos pesquisadores, tornando-se o modelo mais estabelecido no campo. Qualquer pesquisa realizada nessa área é levada a se posicionar em relação a esse modelo.	A visão do STS e o modelo da migração tiveram sucesso acadêmico e prático. Do ponto de vista prático, o uso de AcciMaps derivado da visão do STS é provavelmente o exemplo mais visível desse sucesso. Em nível acadêmico, a influência desses modelos tem sido muito importante; eles foram muito difundidos e servem de referência em muitas publicações.	O modelo da vigilância coletiva tem sido utilizado por empresas para ajustar melhor sua abordagem de segurança, mas também tem sido muito bem recebido no mundo acadêmico como representante da contribuição das ciências sociais ligado à corrente HRO.
Força e influência de uma rede de promotores, incluindo cientistas, consultores e especialistas da indústria, bem como autoridades ou associações profissionais	O modelo do “queijo suíço” foi adotado por muitos investigadores nas áreas da aviação e ferroviária, bem como na área da saúde.	Os modelos da migração e STS, dos quais derivam as abordagens de investigação AcciMap, foram amplamente aclamados por pesquisadores e profissionais (alguns dos quais ampliaram e esclareceram seu uso para acidentes por meio de guias de aplicação).	O modelo da “vigilância coletiva” está no centro de uma rede de promotores que inclui um site dedicado às HRO, bem como empresas que o utilizaram para esclarecer sua estratégia de segurança.

## Dois novos modelos

O que se propõe agora é avançar para novos modelos a fim de, por um lado, explicar algumas das evoluções dos últimos dez anos no domínio da segurança industrial (apresentadas no Capítulo 2), e, por outro lado, valorizar certos aspectos comentados nos capítulos anteriores, incluindo a complexidade, o

construtivismo e as redes (Capítulos 3 e 4). Para tanto, avançarei em duas etapas. Um primeiro modelo traz as dimensões gerencial, sociológica e política da segurança industrial e dos acidentes mais explicitamente do que os modelos apresentados para o objetivo de avaliação. Em seguida, propõe-se uma nova abordagem da visão de Jens Rasmussen sobre o sistema sociotécnico (Quadro 5.2), que constitui o segundo modelo, inspirado por considerações de fundo, de natureza mais epistemológica e filosófica.

As discussões anteriores mostraram bem como certos autores procuraram visualizar graficamente o momento da cristalização do evento que caracteriza o acidente maior e o desafio de predição a ele associado. Para James Reason, é o alinhamento de buracos nas barreiras que visualiza esse momento. Para Jens Rasmussen, é uma auto-organização que faz com que o sistema saia do envelope definido pelos limites de funcionamento seguro. Existem outros modelos e metáforas, que não foram aqui introduzidos, mas que ampliam e iluminam a caracterização do evento de diferentes formas. Erik Hollnagel propôs uma “ressonância” emprestada dos fenômenos de frequência e oscilação na física, enquanto Diane Vaughan utilizou uma metáfora mais ancorada na experiência cotidiana, com a “ladeira escorregadia” (*slippery slope*).<sup>45</sup>

Para todas essas metáforas e modelos, o desafio é identificar melhor e visualizar as dinâmicas que estão por trás desses eventos, para compreendê-los *a posteriori*, por um lado, mas também para contribuir para melhor preveni-los *a priori*. Contudo, como ilustrado pelo esquema na Figura 5.4, enquanto o retorno de experiência e a investigação de acidentes se beneficiam de um olhar retrospectivo (posição 1 do presente para o passado), onde o fim da história é conhecido e constitui o ponto de partida (como ilustrado no Capítulo 1), a postura prospectiva de avaliação (2) constitui uma situação completamente diferente.<sup>46</sup> Por um lado, o futuro é incerto e, por outro lado, as causalidades circulares e não lineares desempenham todo o seu papel de embaçamento dos nexos causais, que desejaríamos que fossem mais lineares. Causalidades simples ou lineares permitiriam deduzir o comportamento global dos sistemas e redes sociotecnológicas, mas, como disse Boris Cyrulnik, “as causalidades lineares são parcialmente verdadeiras e totalmente falsas”.<sup>47</sup> Por outro lado, a multiplicidade de objetos e fenômenos a serem levados em consideração ou extraídos da realidade é, *a priori*, ilimitada, infinita.

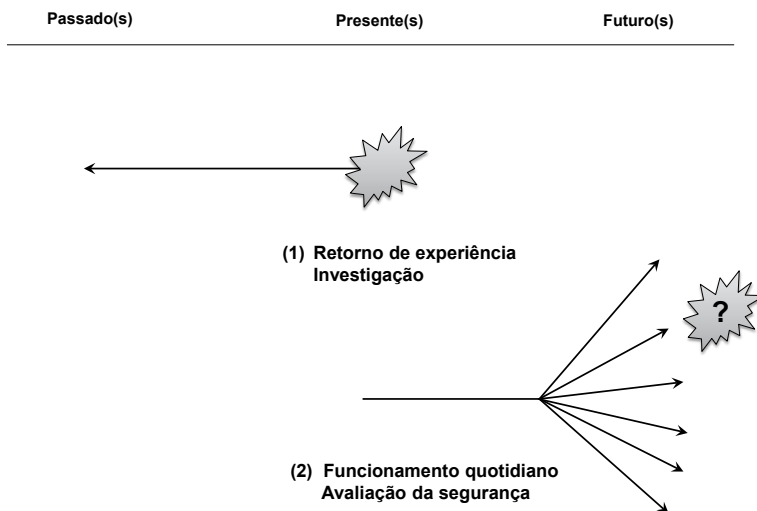


Figura 5.4 Duas posturas, retrospectiva e prospectiva

Para o exercício de avaliação, são necessárias algumas indicações de base para considerar as opções de olhar para este ou aquele aspecto de um sistema ou rede sociotecnológica. Hervé Laroche, especialista em administração, e Mathilde Bourrier, socióloga organizacional, colocaram o problema da segurança industrial nos termos seguintes, sob o ângulo dos “fatores organizacionais”:

*Aí você tem que decidir onde olhar [...]. É difícil estudar todo o funcionamento de uma organização ou sistema de organizações. É necessário, de alguma forma, fazer escolhas e decidir abordar a realidade do funcionamento da organização por meio de uma série de cortes, sondagens e ângulos de observação.*<sup>48</sup>

### Primeiro modelo: modelo sistêmico e dinâmico de construção da segurança (MSDCS)

Desse ponto de vista, antes de mais nada, devemos partir da constatação decorrente da revisão dos modelos que acaba de ser feita, de que os principais modelos de segurança industrial surgiram todos nos anos 1980 e 1990, desenvolvidos por autores que eram engenheiros, psicólogos, ergonomistas ou psicossociólogos. Os pontos fracos enumerados constituem pontos de partida



para novas propostas. Por exemplo, em relação ao modelo de Karl Weick e colegas, notou-se que o modelo não foi baseado em estudos empíricos dos autores, senão em uma combinação de vários pontos de vista disciplinares de diferentes setores industriais, o que tende a dar ao modelo um caráter artificial em comparação com modelos desenvolvidos a partir de estudos de caso realizados pelos autores, e comporta um aspecto de modelo ideal, difícil de imaginar na prática.

Sobre os modelos de Jens Rasmussen, foi observado que não especificam nem sugerem as dimensões a serem descritas ou examinadas ao analisar sistemas sociotécnicos no seu ambiente. Finalmente, foi apontado que o modelo de James Reason não introduz especificamente atividades de gestão da segurança (análise de risco, retorno de experiência, gestão das mudanças) em relação aos planos, embora os sistemas de gestão da segurança sejam as abordagens mais difundidas nas empresas. Todos esses pontos fracos devem servir de trampolim para imaginar e construir algo novo.

Contudo, são muitas as fontes disponíveis para desenvolver modelos de segurança, especialmente desde perspectivas mais sociológicas, ou ainda de administração e políticas, que permitem superar as insuficiências desses modelos e dos seus fundamentos. No entanto, a fim de orientar a produção de tal modelo, é necessário especificar suas características ou princípios de desenvolvimento essenciais em relação aos objetivos. Esses princípios podem ser pensados com base nas dimensões identificadas na análise anterior:

- 1) Em primeiro lugar, é necessário um modelo genérico ou geral, ou seja, um modelo que não se limite a um único caso, mas que tenha potencial para ser aplicado a diferentes tipos de sistemas sociotecnológicos.
- 2) Em segundo lugar, deve-se procurar uma postura a meio caminho entre descritividade e normatividade, a fim de manter o objetivo da avaliação, o que implica pensar nas metáforas ou analogias que contribuirão para esse objetivo.
- 3) Em terceiro lugar, é necessário resgatar as contribuições das ciências sociais, em particular da administração, sociologia e política, sobre as dinâmicas acidentais que se trata de identificar e prevenir, indicando a problemática micro/meso/macro que permite prever a interação de diferentes níveis de análise.
- 4) Em quarto lugar, deve ser produzido um modelo que não seja muito simples nem muito complicado, a fim de desempenhar seu papel como

inscrição e objeto de fronteira performativo na interface de diversas comunidades de pesquisadores e profissionais.

Com base nesses quatro critérios para elaborar um novo modelo, dois empréstimos da literatura sobre segurança industrial são articulados. A identificação desses dois modelos foi possível por meio de uma abordagem bibliográfica abrangente, que foi apresentada e organizada nos Capítulos 2 e 4. Em particular, a representação em forma de alvo (Figura 4.1), distinguindo entre posturas normativas ou descritivas, os níveis de análise micro/meso/macro, e também os momentos (depois ou antes de um evento), mostra claramente as particularidades das abordagens e, portanto, também sua sinergia potencial. Esses modelos pertencem à categoria “organização” (Capítulo 2). Trata-se da abordagem de Andrew Hale, dos princípios dos sistemas de gestão da segurança, e da proposta de Diane Vaughan de generalizar o conceito de “normalização do desvio” a partir de seus estudos de caso. A razão de sua compatibilidade e o interesse de combiná-los de acordo com os princípios de desenvolvimento adotados ficarão explícitos a seguir.

## Exemplo de modelo genérico e de orientação prescritiva (Hale, 2003)

### *Princípios genéricos*

Andrew Hale,<sup>49</sup> psicólogo e pioneiro da pesquisa em segurança nos anos 1970, 1980 e 1990, propôs, entre outros modelos sobre aspectos complementares (por exemplo, ciclos de vida de uma instalação, barreiras) ou diferentes setores industriais (como transporte ferroviário, aéreo ou indústria química), o seguinte modelo genérico, que tem sido levemente adaptado (Figura 5.5). Ele articula uma série de atividades dos sistemas de gestão da segurança. O ponto de partida são as situações de risco – os processos, (1) – e a análise de risco desses processos (2). Essa atividade deve permitir a definição dos meios de prevenção e proteção necessários (barreiras de defesa), tanto técnicos quanto individuais ou coletivos (3, 4) para implementar a estratégia de gestão de riscos.

Estes estarão sujeitos a fiscalizações, manutenção (5) e auditorias (6) que serão objeto de avaliação (7). No dia a dia das operações, as interações entre processos, equipamentos e profissionais envolvidos produzem eventos (incidentes, acidentes) que serão objeto de retorno de experiência (8). Nos retornos

de experiência se questionarão os conhecimentos sobre os riscos. Desse ponto de vista, ou os riscos (ou cenários) são conhecidos (9) ou não são (10) e serão objeto de uma reavaliação (por exemplo dos processos envolvidos no caso, ou processos ou instalações idênticos dentro da mesma empresa) (11). As informações coletadas pelas auditorias (5), fiscalizações, manutenção (6) e retornos de experiência (8) fornecem os indicadores para a gestão da segurança (12).

As mudanças, tanto técnicas quanto organizacionais (13), são avaliadas em termos do seu impacto potencial nas medidas de defesa do sistema e são sujeitas a auditorias e retorno de experiência. A condução do sistema de gestão é assegurada pelo monitoramento de indicadores que centralizam as informações sobre a operação do sistema (14). Pode ser introduzida também uma função de auditoria do conjunto das atividades, mas não está aqui representada por motivos de clareza (pois teria setas partindo da função de auditoria para todas as outras caixas). Esse sistema deve produzir um ciclo que permita retroalimentação dinâmica (*feedback*), bem como capacidades de antecipação com análise de risco, gestão das mudanças (pré-alimentação ou *feedforward*).

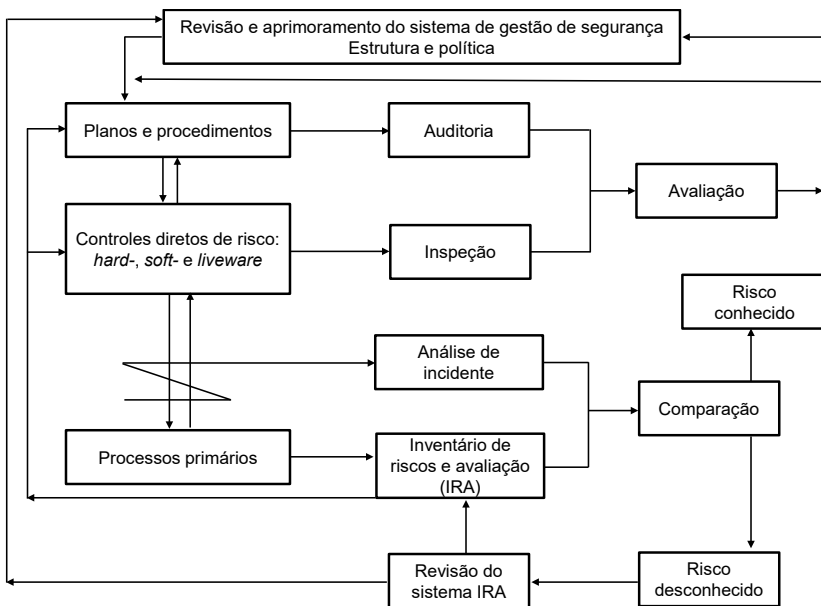


Figura 5.5 Modelo de gestão da segurança. Adaptado de Hale (2003)

### *Versão específica e prescritiva*

Todas essas atividades são configuradas especificamente e são objeto da aplicação de instrumentos, ferramentas ou dispositivos gerenciais<sup>50</sup> específicos das indústrias envolvidas.<sup>51</sup> O saber-fazer (*know-how*), por vezes bem documentado em guias profissionais, se encontra no mercado de consultoria ou desenvolvido dentro das empresas (sem necessariamente ser divulgado), em praticamente todas essas atividades de gestão da segurança. Essa dimensão prescritiva do modelo permite associar os meios de implementação às atividades. Por exemplo, métodos de análise de risco, bem como os métodos de retorno de experiência, existem há muitos anos dentro das grandes empresas. Baseiam-se em princípios metodológicos (como FMECA, Hazop, análise das causas profundas, árvore das causas etc.) implementados em configurações mais ou menos especificadas (presença de engenheiros, operadores, um facilitador para garantir o método etc.).

Técnicas de auditoria, princípios de fiscalização e princípios de desenvolvimento de procedimentos são igualmente produzidos. Evidentemente, todas essas ferramentas ou instrumentos estão em constante evolução e as inovações de caráter gerencial facilitam avanços em todas as áreas da gestão da segurança, tanto em termos técnicos (ou seja, abordagens por barreiras) ou ergonômicos do ponto de vista dos fatores humanos (ou seja, consideração do fator humano no desenho de produto ou nas barreiras de segurança) quanto de fatores organizacionais. No entanto, nem todos os setores industriais alcançaram o mesmo ponto nesses âmbitos, por razões ligadas à sua própria história. Apesar de ainda termos poucos dados comparativos, verificam-se diferenças entre os setores aeronáutico, nuclear e químico, para citar apenas três indústrias de risco.

Esse tipo de abordagem, baseada em um modelo genérico que tem uma expressão específica e prescritiva pela introdução de ferramentas ou instrumentos, é interessante pois permite obter rapidamente uma visão geral de uma organização e identificar as diferentes alavancas de gestão em que esta se apoia para gerir a segurança industrial. Efetivamente, *a priori*, análises de risco mais numerosas e mais profundas correspondem a maior segurança. Mais retorno de experiência com mais profundidade nas análises também leva, *a priori*, a um melhor conhecimento dos riscos, e assim por diante. Outra vantagem desse modelo é que, ao mostrar as dimensões importantes para a segurança, pode ser útil em auditorias, mas também para identificar quais atividades contribuíram para a gênese de incidentes ou acidentes.

Assim, após o acidente na refinaria BP Texas City em 2005, o *Baker Panel*<sup>52</sup> dedicou uma grande parte da sua análise aprofundada das refinarias da BP nos Estados Unidos (5 refinarias, mais de 700 entrevistas e cerca de 7.500 questionários) à identificação, ponto por ponto, das funções principais do sistema de gestão da segurança dos procedimentos da BP, para atestar as insuficiências encontradas em cada uma dessas atividades (não com base no modelo de Andrew Hale, mas nos temas habitualmente abordados). O relatório mostra que os indicadores de monitoramento eram inadequados para a segurança dos procedimentos (estando orientados à segurança no trabalho), que os resultados das auditorias e investigações pós-incidente não eram sistematicamente levados em consideração, que as análises dos incidentes não remontavam até suas causas profundas etc. De fato, como mostram as análises de acidentes maiores, todos esses princípios teóricos, todas essas atividades baseadas em instrumentos e ferramentas de gestão são raramente aplicadas de acordo com os princípios previstos.

### *Limitações*

Encontramos aqui uma das constatações das pesquisas sobre ferramentas e instrumentos em administração, fora do campo da segurança:

Quer as críticas sejam feitas por sociólogos, economistas, sistemistas, ou mesmo pelos próprios especialistas em administração, elas constituem um julgamento global muito sério. Ferramentas atropeladas pela lógica do poder, mal adaptadas a certas formas de cultura, com lacunas, incompletas, sem coerência com a organização existente, porém suficientemente estruturantes para levar a comportamentos coletivos contraintuitivos etc., eis uma “invenção” na qual foram depositadas muitas esperanças e que se revelou particularmente decepcionante.<sup>53</sup>

Portanto, tais limitações da abordagem genérica e prescritiva pelos sistemas de gestão da segurança, na forma de instrumentos ou ferramentas para cada uma das atividades identificadas, podem ser criticadas com muita razão do ponto de vista sociológico.

Para Mathilde Bourrier, socióloga organizacional,

é ilusório pensar na segurança de uma organização e estabelecer seus princípios antes de compreender seus modos de funcionamento. Os sistemas

de gestão da segurança (SGS) não terão qualquer efeito se não forem mais do que uma colcha de retalhos de doutrinas sobre o funcionamento das organizações, cujo *modus operandi* não é objetivado.<sup>54</sup>

Aliás, fora do campo da segurança, desenvolveu-se uma abordagem sociológica complementar em torno de um melhor conhecimento da implementação efetiva de ferramentas, dispositivos ou instrumentos.<sup>55</sup>

Globalmente, uma crítica que pode ser feita a esse tipo de modelo genérico e de orientação prescritiva é, certamente, que não fornece as formas de interpretação para perfilar o problema da implementação efetiva de instrumentos ou ferramentas, e cria uma imagem excessivamente “mecanicista” da organização, muito distante da realidade. Assim, fica demasiado superficial quanto à compreensão dos fenômenos políticos, econômicos e sociais que animam a vida das empresas, os quais condicionam e transformam os instrumentos ou ferramentas propostos, seja por apropriação, adaptação ou rejeição. Em resumo, poder-se-ia dizer que, apesar da sua ancoragem empírica indiscutível, o modelo de Andrew Hale desenvolve uma visão baseada nas atividades e instrumentos, mais do que nos atores.

## Exemplo de modelo genérico e de orientação descritiva (Vaughan, 1999)

### *O caso Challenger*

A socióloga americana Diane Vaughan tem uma abordagem bastante diferente de modelagem. Sua abordagem, sociológica e etnográfica, consiste em se manter o mais próximo possível dos dados de um fenômeno, em uma perspectiva de ação situada, com uma orientação descritiva em vez de prescritiva. A sua abordagem é a do estudo de caso,<sup>56</sup> que ilustrou anteriormente em monografias sobre diferentes assuntos, como faltas profissionais<sup>57</sup> ou o casal,<sup>58</sup> ancorada em uma tradição sociológica de pesquisa empírica qualitativa.<sup>59</sup> A sua perspectiva sobre o acidente do Challenger tornou-se uma referência essencial para a compreensão organizacional e sociotecnológica de acidentes maiores. Segue um resumo dela, em complemento às informações já fornecidas na parte histórica sobre o fenômeno da normalização do desvio.

A sua análise detalhada demonstra um processo histórico (normalização do desvio) envolvendo múltiplas decisões tomadas ao longo do funcionamento

da agência espacial (Nasa) que nos levam ao cerne das práticas e interações entre tecnologia e artefatos, gestores, cientistas e engenheiros da Nasa e suas prestadoras de serviços, bem como políticos no Congresso que submetiam a organização a uma pressão orçamentária muito grande e à assunção de objetivos dificilmente compatíveis com o lado experimental do desenvolvimento do ônibus espacial.

No seu trabalho interagem vários grandes temas: estrutura organizacional, poder e cultura, o poder do Congresso para impor fortes restrições orçamentárias que devem ser implementadas pelos gestores da Nasa, e a produção de uma cultura dentro da Nasa, ancorada nos sucessos passados de engenharia do programa Apollo. A sua descrição das relações de poder revela a falta de poder do departamento de segurança e qualidade, que se torna incapaz de lançar uma visão externa sobre as atividades de análise de risco e de retorno de experiência dos engenheiros. Ela também estuda como se cria a cultura de produção dos engenheiros na sua socialização acadêmica e profissional, para integrar os imperativos de produção e na procura de soluções tecnológicas.

Ela mostra o poder dos gestores da Nasa, exercendo pressão sobre os subcontratados envolvidos nas discussões sobre a decisão de lançamento do ônibus espacial. Analisa como a cultura profissional dos gestores entra em conflito com a dos engenheiros. Estes últimos, diante das incertezas, querem mais informações para formar uma ideia do nível de segurança, enquanto os gestores vêm os sucessos passados como uma confirmação da segurança e invertem a lógica dos engenheiros, pedindo-lhes para demonstrar que não é seguro. O resultado é que “pessoas bem-intencionadas em diferentes lugares de uma organização podem ver o mesmo estímulo de forma diferente”<sup>60</sup> (citando uma análise do caso Columbia, que tem semelhanças com o Challenger). Os efeitos da estrutura organizacional afetam, por meio do “segredo estrutural”, a capacidade da organização de integrar o todo, por causa das diferentes posições, as especializações e o afastamento geográfico, bem como as dependências em termos de informações que as estruturas geram entre os diferentes atores e serviços.

### *Generalização do modelo*

Além dessa interpretação específica do caso Challenger, ela tentou estabelecer uma generalização<sup>61</sup> do que descreve como o *dark side* (lado escuro) das organizações, ou seja, os desvios organizacionais, abrangendo não apenas a questão dos desastres, mas também os erros (*mistakes*) e faltas profissionais

(*misconducts*). Esse modelo genérico e descritivo baseia-se no princípio de uma leitura do fenômeno organizacional de acordo com uma perspectiva micro/meso/macro ancorada na sua abordagem empírica e conceitual na interpretação do caso Challenger e na herança da tradição sociológica.<sup>62</sup>

O nível macro corresponde nesse modelo ao ambiente da organização, que inclui dimensões como a demografia, cultura (por meio de instituições, mas também da organização), tecnologia, o mercado, a política, os regulamentos ou ainda a rede de relações interorganizacionais (ou seja, a subcontratação). O nível meso corresponde à organização com uma divisão em estrutura (tamanho, complexidade, especialização de funções, distribuição geográfica), processos (poder, aprendizagem organizacional, socialização) e tarefas (correspondente à interface das atividades com a tecnologia). Finalmente, o nível micro introduz as dimensões individuais ligadas aos aspectos cognitivos e culturais das interpretações feitas pelos atores. É na consideração sistêmica da articulação desses três níveis de análise e das suas dimensões associadas que é possível uma compreensão adequada dos acidentes maiores.<sup>63</sup>

Trata-se de uma abordagem por meio dos atores em vez dos instrumentos. Enquanto a orientação do primeiro modelo é mais gerencial e à procura de uma representação gráfica para apoiar o esforço de modelagem (no espírito “boxológico”,<sup>64</sup> Andrew Hale tendo inicialmente uma orientação psicológica),<sup>65</sup> o segundo modelo é sociológico e literal na orientação. O último acrescenta dimensões que faltam no primeiro. A importância de levar em consideração a relação entre o ambiente, a organização e os indivíduos reflete bem a natureza dinâmica, sistêmica e construída dos acidentes. Compreender o entrelaçamento desses três níveis de análise requer ter em conta a construção de fenômenos políticos, econômicos, interorganizacionais, estruturais, culturais e cognitivos, bem como de poder. A aplicação subsequente desse modelo ao caso do acidente do Columbia fornece mais informações sobre a sua implementação.<sup>66</sup>

Por outro lado, como se vê, esse modelo é um exemplo de bricolagem que levará em consideração múltiplas fontes construtivistas. A construção social pelo processo de institucionalização, nomeadamente as socializações secundárias, no sentido de Peter Berger e Thomas Luckmann, é mobilizada para introduzir as restrições cognitivas exercidas pela socialização dos engenheiros da Nasa em seus processos de tomada de decisão.

A construção pelos engenheiros de modelos interpretativos que enfrentam as incertezas tecnológicas no sentido em que estas são estudadas pela nova sociologia construtivista da ciência, com Bruno Latour ou Brian Wynne, é também utilizada por Diane Vaughan para lançar luz sobre as discussões e



atividades dos engenheiros em torno do comportamento dos anéis de vedação do ônibus espacial. A construção de sentido, segundo Karl Weick, em relação às situações de interação entre engenheiros e gestores é também usada para mostrar como duas categorias de atores são levados a interagir em situações com ambiguidades, incertezas, e como essas situações são então enquadradas e inscritas em lógicas de compromisso. Esse construtivismo aberto e combinado permite a interação de vários registros de sensibilidades um tanto diferentes, como descreveu Peter Galison em relação às investigações de acidentes: “encontramos nas análises de sistemas ou redes uma compreensão da natureza interligada das instituições, indivíduos, filosofias, culturas profissionais e objetos”.<sup>67</sup>

### *Limitações*

Entretanto, esse modelo não está, obviamente, livre de limitações em relação ao objetivo dessa reflexão, orientada para a avaliação e elaboração de modelos visuais. Assim, vemos que essa proposta está muito ligada à experiência da autora com o caso específico da explosão do Challenger, colocando o foco na tomada de decisão coletiva de prosseguir ou não com o lançamento e, portanto, nas populações de engenheiros e gestores. Essa experiência também diz respeito a uma organização única, a Nasa, que não pode ser comparada sem especial cautela com outros sistemas industriais de risco, como refinarias (cuja tecnologia não se compara com um ônibus espacial) ou aeronaves (cujo *status* de operação comercial está bem estabelecido). Portanto, ficaram em segundo plano problemáticas como as atividades de manutenção, a implementação de barreiras técnicas de defesa ou a automação (que traz interfaces homem-máquina).

Entretanto, elas são sistematicamente encontradas em muitas análises de acidentes em outros sistemas de risco. Toda a literatura em psicologia cognitiva ou ergonomia, por exemplo, fornece inúmeros modelos com o objetivo de compreender melhor os erros (ou a resiliência) dos pilotos, motoristas ou operadores em relação à automação, uma literatura que Diane Vaughan não usa devido à natureza do acidente que está estudando (categoria “cognição” do Capítulo 2). Por outro lado, sua orientação descritiva a priva de um posicionamento sobre as soluções gerenciais que seria desejável implementar,<sup>68</sup> com base, por exemplo, em um modelo mais normativo, questionando o desvio respeito dele e a qualidade da condução esperada por meio de ciclos de reajuste entre as atividades de gestão de riscos (presentes no modelo de Hale).

## Modelo genérico de avaliação

A tentativa ora apresentada aproveita esses dois modelos genéricos (e suas respectivas limitações) para propor um modelo genérico e normativo (de avaliação) de segurança industrial de uma perspectiva sociotecnológica. Do primeiro modelo, mantenho a ideia central de um ajuste dinâmico entre atividades de gestão: a análise de risco (no projeto ou após modificações técnicas ou organizacionais) leva à implementação de barreiras de segurança humanas e técnicas e, em seguida, à sua manutenção (e ao treinamento de operadores, engenheiros e gestores). O retorno de experiência, as fiscalizações e auditorias se traduzem em indicadores para a avaliação e melhoria do sistema. Essa abordagem pela gestão da segurança confere uma dimensão normativa.

Combino esses elementos do primeiro modelo com a perspectiva sistêmica macro/meso/micro (ambiente-organização-indivíduos) do segundo, cuja inteligibilidade decorre especialmente da introdução das dimensões política, econômica, cultural (institucional) e interorganizacional, estrutural (tamanho, complexidade, especialização das funções e distribuição geográfica), cognitiva e do poder, ausentes (ou não explícitas) no primeiro modelo (na versão um tanto simplificada aqui apresentada). Essa entrada por meio de uma abordagem de orientação sociológica traz o toque descritivo do modelo. A articulação desses dois modelos permite a elaboração de um novo modelo de construção da segurança, genérico e orientado à avaliação (sustentando assim um caráter normativo). Esse modelo é baseado em seis dimensões (Quadro 5.4), explicitadas por meio dos casos, ora do Challenger, ora do Columbia.

**Quadro 5.4** Dimensões do modelo genérico e normativo proposto e relações com os dois modelos de origem

Relação com os modelos de origem		Modelo proposto
Andrew Hale “Sistema de gestão da segurança”	Diane Vaughan “Lado escuro das organizações”	
Avaliação do sistema Indicadores	Contexto econômico, político, cultural (institucional), demográfico e de subcontratação da Nasa	Estratégia da empresa em seu ambiente (econômico, humano e social, tecnológico, regulamentar, contratual)

Relação com os modelos de origem		Modelo proposto
Andrew Hale “Sistema de gestão da segurança”	Diane Vaughan “Lado escuro das organizações”	
Gestão de mudanças	Histórico de mudanças organizacionais na Nasa e como elas se refletem no rumo das decisões	Impacto das mudanças tecnológicas e organizacionais na segurança e capacidade de percepção pela empresa
Auditoria	Comitês de auditoria criados (em resposta ou não a problemas, incidentes ou acidentes sofridos pela agência)	Qualidade dos olhares externos (incluindo autoridades de controle) e internos sobre aspectos técnicos e organizacionais da segurança, bem como capacidade e possibilidade de a empresa levá-los em consideração
Análise de risco, gestão de mudanças, retorno de experiência, auditoria	Independência, recursos e competência do departamento de qualidade e segurança nos acidentes dos ônibus espaciais Challenger e Columbia	Posicionamento e influência da função de segurança nas decisões em fase de projeto, no dia a dia e após eventos
Retorno de experiência	Influência da experiência na tomada de decisões coletivas, problemática da normalização dos desvios	Reflexividade da organização após análises de incidentes ou acidentes, sensibilidade a sinais fracos
Barreiras técnicas e humanas	Tecnologias, regras e dispositivos gerenciais estabelecidos na fase de projeto para garantir a segurança do ônibus espacial	Condição operacional das barreiras de segurança técnicas e humanas implementadas pelos operadores e equipes de trabalho

### *Estratégia da empresa em seu ambiente*

Um dos elementos-chave da interpretação de Diane Vaughan consiste em mostrar que os fatores ambientais econômicos e políticos da agência contribuíram para mantê-la em condições de operação difíceis, em uma situação mais delicada do que no passado (especialmente pela evolução geopolítica que diminui a importância estratégica nacional da agência). A estratégia de aumentar a frequência de lançamento com vistas à exploração comercial do ônibus espacial ilustra a procura de financiamento externo perante a diminuição dos recursos internos. A operação comercial permitia à agência, aumentando o lucro, garantir entradas de dinheiro alternativas ao erário público (por exemplo, por meio da assinatura de contratos com as Forças Armadas para o lançamento de satélites).

Entretanto, o ônibus espacial é uma inovação tecnológica com um retorno de experiência limitado e uma natureza de pesquisa e desenvolvimento que dificilmente se adapta a um regime de operação comercial, com seus prazos e pressões. Esse contexto econômico, político e tecnológico se viu acompanhado por uma configuração particular de recursos humanos, em grande parte subcontratados e terceirizados. O resultado foi bem demonstrado por Vaughan no caso da Nasa, combinando a dependência contratual criadora de uma assimetria de poder (podendo gerar situações de competição e exigências excessivas) e um aumento, no caso da Nasa, de trabalho burocrático dos engenheiros provocado pelas necessidades de rastreabilidade da coordenação (origem de certas transformações de perfis e identidades profissionais). Portanto, é essencial que uma empresa (especialmente seus dirigentes) faça a avaliação dos seus recursos e fatores limitantes em sua estratégia de adaptação ao ambiente, e que a faça levando em conta sua relação com a segurança. Essa avaliação exige levar em conta, como um grande tema em si, a questão das mudanças e evoluções.

### *Mudanças tecnológicas e organizacionais (positivas/negativas)*

Assim, a política do *better, cheaper, faster* (melhor, mais barato, mais rápido) foi muito comentada após o acidente do Columbia,<sup>69</sup> por seu descabimento nas atividades da agência. Diane Vaughan demonstrou como as estratégias gerenciais atingem os níveis inferiores da organização por um efeito de cascata (*trickle-down effect*).<sup>70</sup> A estratégia do *better, cheaper, faster* objetivava garantir a sobrevivência da agência no novo contexto em que ela se encontrava. Entretanto, também se pode considerar que essa estratégia mostrou suas limitações

antes que fossem feitos ajustes suficientes. Mas esse ajuste é problemático, pois muitas vezes leva tempo e nexos causais complexos antes de ficar explícita uma correlação entre várias mudanças e seus impactos, sendo o acidente maior uma manifestação extrema disso. A organização deve, portanto, ser muito sensível aos efeitos das mudanças nas práticas e profissionais em termos de segurança. Esse ponto é central na condução da organização e tange mesmo à gestão dos seus movimentos, tanto tecnológicos quanto organizacionais e sociais.

### *Olhares externos*

Diante dessas dificuldades de avaliação do impacto das mudanças, a qualidade e frequência de olhares externos e a atenção dada a eles pela empresa constituem um eixo importante na capacidade de manter a segurança. Entretanto, nem sempre é fácil para a empresa abrir-se às visões externas (auditores internos ou externos, autoridades de controle), como nem sempre vai ser relevante para a empresa a “*expertise*” externa oferecida quando, às vezes, opera em nichos tecnológicos que ninguém domina fora dela. Na interpretação do acidente do Challenger, Diane Vaughan destacou a dificuldade para que uma visão externa fosse tecnicamente relevante, dada a complexidade tecnológica do ônibus espacial. O olhar das autoridades de controle sofre também certas limitações, por exemplo, relativas ao acesso pelo regulador a todos os dados relevantes, em função do interesse e possibilidade para a empresa de comunicar ou não ao regulador todos os seus problemas e incidentes,<sup>71</sup> sem falar no fenômeno de “captura do regulador” (*regulatory capture*; quando o regulador se torna permissivo). Uma via de interpretação no caso do Challenger foi, portanto, para Vaughan, a questão da autonomia ou dependência entre regulador e regulado.<sup>72</sup>

Por outro lado, algumas recomendações externas podem não ser possíveis para as empresas, dadas as competências e recursos disponíveis, não sendo identificadas tais dificuldades pela entidade externa. Assim, as recomendações da comissão de inquérito no acidente do Columbia foram implementadas apenas parcialmente pela Nasa. A comissão de inquérito não tinha mesmo explicitado como implementar suas recomendações, enquanto os engenheiros e gestores da agência estavam familiarizados com abordagens com foco nos indivíduos ou nas dimensões estruturais das organizações, não nas dimensões sistêmicas e culturais apontadas pela comissão.<sup>73</sup> Nesse modelo, a qualidade dos olhares externos e a possibilidade de a empresa levá-los em conta é,

portanto, um parâmetro essencial. Eles determinam a contribuição da função definida como auditoria para a condução do sistema.

### *Influência da função\* de segurança*

A visão externa, no entanto, é apenas um complemento da visão interna da função especializada em segurança, envolvida em todas as atividades de gestão de riscos (retorno de experiência, análise de risco, gestão de mudanças, auditorias etc.). É claro que a eficácia é variável dependendo da posição, ou seja, do poder, mas também da proficiência técnica e regulamentar, bem como das capacidades relacionais e disponibilidade do departamento de segurança ao meio de universos que se contradizem frequentemente (entre fins de segurança, ambientais, de qualidade, de produção e de clima social). Uma das conclusões dos acidentes do Challenger e do Columbia foi que a falta de independência, autoridade e centralização de uma função especializada em segurança contribuiu para a gênese dos eventos. Como se mobiliza o conhecimento especializado em segurança nas atividades do dia a dia da empresa é um fator-chave. Isso depende da capacidade da função de segurança de oferecer um ponto de vista relevante, apesar dos níveis de diferenciação de funções e de complexidade organizacional, gerados pelo tamanho e especialização das atividades (incluindo a subcontratação), o que pode gerar o “segredo estrutural” de Vaughan. Esse fenômeno, identificado por Diane Vaughan, leva as informações a não circularem adequadamente e, sobretudo, impede o exercício de uma capacidade crítica da segurança a respeito de desenvolvimentos tecnológicos que se tornam excessivamente complexos. A influência dessa função é, portanto, um parâmetro central na manutenção da segurança, por meio de todas as atividades de segurança (auditoria, análise de risco, retorno de experiência).

### *Reflexividade após incidentes e sensibilidade a sinais fracos*

Os sucessivos acidentes da Nasa, em 1986 e 2003, contribuíram para trazer à tona, em especial com os trabalhos de Diane Vaughan (e inicialmente Barry Turner; ver o Capítulo 2), os tópicos do questionamento e dos sinais fracos por meio da situação na tomada de decisão coletiva sobre o lançamento do ônibus espacial Challenger (ou do retorno do ônibus espacial Columbia) e da

---

\* Em francês, *fonction* é a terminologia para cada tipo essencial de atividade nas empresas. Foi Henri Fayol (1841-1925) quem estabeleceu as seis funções essenciais dentro das empresas: técnica, comercial, financeira, administrativa, de segurança e contábil. [N.T.]

interpretação do comportamento dos anéis de vedação em relação ao frio (ou do escudo térmico em relação a reentrada na atmosfera do Columbia). Nessas análises, a ideia de sinais fracos comporta um caráter retrospectivo e relativo. Retrospectivo na medida em que “o precursor, como diz Canguilhem, é aquele sobre quem só se pode saber depois que veio antes” (ver a citação de Edgar Morin no Capítulo 3), e relativo porque sempre deve ser considerado de um certo ponto de vista e não de forma absoluta. Assim, como indicado na seção histórica, as opiniões se dividem entre aqueles que pensam que os sinais poderiam ter sido captados e aqueles que pensam que a posição onisciente retrospectiva distorce o julgamento. A qualidade de escuta da *expertise* interna, técnica e organizacional de membros da organização (ou externa, de indivíduos ou olhares alheios à organização) é uma indicação da sensibilidade aos sinais.

Em tais momentos, faz parte da construção da segurança estabelecer um equilíbrio de poder entre as diferentes racionalidades (ou “culturas”) da empresa (incluindo a função de segurança) e, portanto, estabelecer uma facilitação que permita um concerto e gestão das controvérsias, adaptados àquilo em jogo. No caso de incidentes confirmados e bem identificados pela empresa, as possibilidades de ajuste se constroem sobre a capacidade de questionar a organização e intensidade de sua resposta depois de analisadas (além do foco em explicações individuais e erros). Esses aspectos e problemáticas são todos envolvidos no retorno de experiência, identificado como atividade específica da gestão da segurança.

### *Elaboração e implementação de barreiras técnicas e humanas de segurança*

Entretanto, analisar situações incidentais ou sinais fracos a fim de fornecer um retorno de experiência e exercer uma reflexividade requer uma compreensão da tecnologia, artefatos, inscrições e situações de trabalho, tarefas e atividades, subjacentes aos problemas encontrados. Levar em conta as condições reais das interações dentro dos coletivos, das regulações em torno das regras entre a administração e os operadores, entre operadores e supervisores, entre departamentos, não apenas permite que os objetivos sejam alcançados apesar das variabilidades e imprevistos diários, como também facilita o objetivo de análise dos incidentes. Os “erros” sempre fazem mais sentido quando considerados na perspectiva do seu contexto de trabalho (tecnologia, coletivo, prescrições). Esse contexto permite levantar o problema dos tipos de regras e da variabilidade em torno da implementação de barreiras de segurança. A fim

de evitar riscos, um certo número de dispositivos, técnicos, humanos ou organizacionais é estabelecido para limitar a ocorrência de cenários identificados pelas análises de risco. Por exemplo, no caso da Nasa estudado por Vaughan, o dispositivo de concerto e tomada de decisão, escalonado em vários níveis, pode ser considerado como uma forma de barreira.

A prática de testar os anéis de vedação antes de cada lançamento do ônibus espacial poderia também ser considerada uma barreira, bem como a redundância deles, o que constitui um elemento técnico em termos de barreira. Assim associadas, essas barreiras constituem a arquitetura de defesa do sistema. A pertinência de uma arquitetura se baseia em princípios como os de independência e redundância, que são fundamentais e reduzem a probabilidade de ocorrência e gravidade dos acidentes. Porém, paradoxalmente, segundo Vaughan, foi a confiança nessa arquitetura (particularmente a redundância das juntas) e na conformidade com as regras, bem como no respeito do enquadramento formal, prescrito, da tomada de decisão, que orientou a infeliz escolha dos engenheiros. Paradoxalmente, sim, pois a lição de muitos acidentes, assim como dos estudos no funcionamento normal, mostra que é mais frequentemente nas adaptações em torno das regras que se esconde o potencial para incidentes.

Essas margens adaptativas são espaços de autonomia onde a *expertise* e o saber-fazer individuais e coletivos dos operadores são expressos em relação aos esforços de racionalização dos engenheiros e idealizadores. Essa expressão também é necessária para levar em conta os imprevistos e variabilidade nas condições de execução reais das atividades. Esse paradoxo entre conformidade e não conformidade como fonte de risco em caso de novidade em relação às regras (para gerir variações, desvios e surpresas) indica a ambiguidade e complexidade do problema, especialmente diante de situações novas. Por um lado, as regras permitem lidar com o esperado, por outro, podem inibir e restringir a criatividade necessária para lidar com o inesperado.

Portanto, em vez de defender um ilusório respeito estrito aos procedimentos (com suas limitações inevitáveis), precisamos abordar o problema em termos de acertar a perspectiva sobre essas margens adaptativas em relação ao conjunto de barreiras. O paradoxo também indica a importância da robustez do coletivo na hora de lidar com tais ambiguidades. Esse coletivo é formado por indivíduos cuja regulação depende de muitos parâmetros, incluindo as faixas etárias, perfis profissionais e *expertises*, níveis e relações hierárquicas, vínculos contratuais (subcontratação), natureza das tarefas etc., que, por sua vez, condicionam a coordenação, comunicação e cooperação que garantem sua robustez. Assim, condições degradadas da arquitetura de segurança (insuficiente



manutenção dos dispositivos técnicos, falta de pessoal nos coletivos), associadas a restrições (econômicas, de recursos humanos etc.) da organização no seu ambiente, contribuem, por exemplo, para enfraquecer a robustez. Essa dimensão ilustra a problemática enfrentada na implementação de barreiras técnicas e humanas de segurança. Desse ponto de vista, o estado de funcionamento da arquitetura de segurança é um elemento central.

### Um modelo simples para uma dinâmica complexa

O modelo de segurança industrial obtido, baseado nos princípios definidos anteriormente, é representado graficamente na Figura 5.6. Tal modelo é particularmente complexo, pois requer a consideração simultânea de vários níveis de análise. É por isso que é essencial um esforço visual, gráfico ou de inscrição.

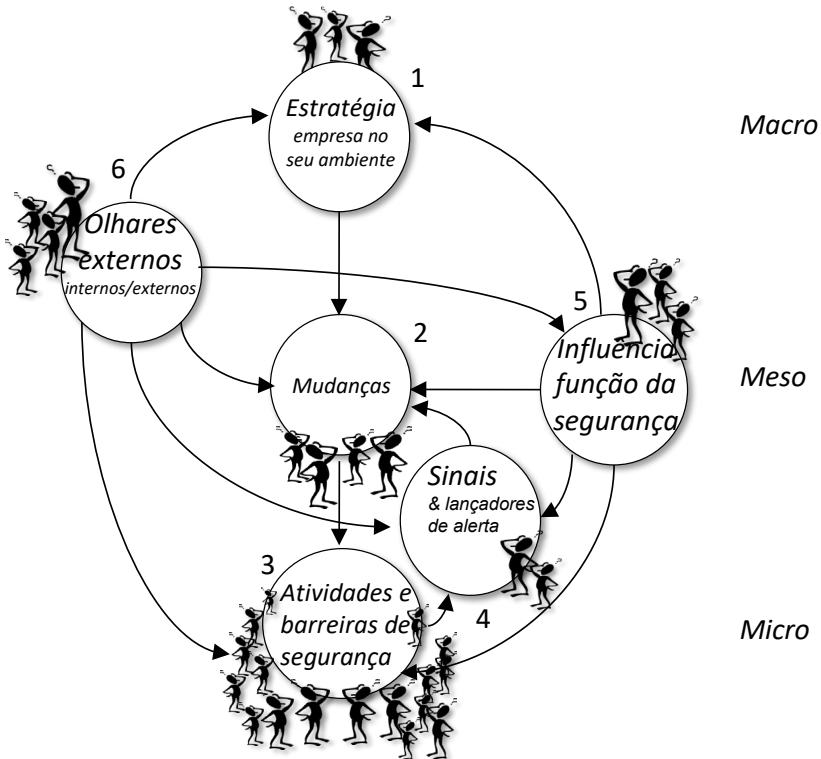


Figura 5.6 Um modelo sistêmico e dinâmico de construção da segurança industrial (MSDCS)

Esse modelo diz o seguinte:

- 1) as orientações estratégicas dos dirigentes da empresa em seu ambiente econômico, político, social e tecnológico, levam a...
- 2) uma série de mudanças tecnológicas e organizacionais que podem ter tanto impactos positivos quanto negativos sobre...
- 3) a concepção e/ou implementação de barreiras de segurança (técnicas e humanas) por operadores e equipes em nível operacional, situação monitorada e comunicada;
- 4) em primeiro lugar, com ouvido atento aos sinais fracos (potencialmente transmitidos por lançadores de alerta (*whistleblowers*) e reflexividade após os incidentes;
- 5) em segundo lugar, pela presença de uma função de segurança competente e suficientemente influente para questionar a empresa sobre o impacto das mudanças na concepção ou implementação da arquitetura das barreiras de segurança, garantindo a retransmissão dos sinais para os níveis superiores;
- 6) e finalmente, em terceiro lugar, pelo exame externo que a organização é capaz de mobilizar e cujas lições é capaz de extrair e traduzir concretamente nas práticas e orientações estratégicas.

O Quadro 5.5 retoma os princípios de desenvolvimento e o resultado obtido. Pode-se ver que a dinâmica prevista específica, mais do que os modelos precedentes, tanto os tipos de atores quanto as dimensões que interagem. Esse primeiro modelo é acompanhado por um segundo que tem outro objetivo de visualização.

**Quadro 5.5** Princípios de desenvolvimento e modelo resultante

Princípios de desenvolvimento	Modelo de Andrew Hale	Modelo de Diane Vaughan	Modelo de segurança obtido
Modelo genérico que permite considerar um leque de casos muito amplo	Modelo genérico que indica as atividades de gestão da segurança, válido para qualquer tipo de sistema de risco	Modelo genérico baseado na consideração de parâmetros técnicos, organizacionais, culturais, sociais e políticos, previsto para qualquer tipo de sistema de risco	Modelo genérico baseado na consideração de parâmetros técnicos, de atividade de segurança, organizacionais, culturais, sociais e políticos, pensado para qualquer tipo de sistema de risco
Modelo que integra capacidade descritiva e normativa (incluindo metáforas)	Orientação normativa de tipo gerencial baseada em princípios cibernéticos de retroalimentação, garantindo o controle do rumo entre as atividades	Uma orientação descritiva, ancorada na tradição sociológica empírica	Modelo que incorpora princípios descritivos herdados da postura sociológica e normativa herdada das ciências da administração, baseado na metáfora da complexidade (causalidades circulares não deterministas) que problematiza as dinâmicas tecno-sociais observadas (metáfora da construção)

Princípios de desenvolvimento	Modelo de Andrew Hale	Modelo de Diane Vaughan	Modelo de segurança obtido
Modelo que leva em consideração a dimensão micro/meso/macro por trás das problemáticas de acidentes e de segurança	Modelo baseado na desagregação por atividades, sem entrar em pormenores sobre a divisão micro/meso/macro, mas compatível com abordagens empíricas dessa natureza	Modelo baseado na consideração explícita do acoplamento sistêmico e dinâmico micro/meso/macro	Modelo que incorpora a necessidade de uma visão dinâmica, sistêmica e sociotecnológica das relações entre tecnologia, indivíduos, organização e ambiente
Compromisso entre simplicidade e complexidade para desempenhar o papel de inscrição e objeto de fronteira entre comunidades	Modelo baseado em caixas e setas que relacionam as atividades entre elas e mostram os fluxos de informação para a gestão	Modelo literal que explicita e trabalha com estudos de caso, aumenta em caráter geral, sem suporte gráfico dos textos	Modelo baseado na representação gráfica e no agrupamento de seis frases explicativas da dinâmica sistêmica e sociotecnológica subjacente

## Segundo modelo: sistema sociotecnológico modificado (SSTM)

As orientações e posturas subjacentes aos desenvolvimentos propostos nesta obra precisam aqui ser marcadas de forma visual e gráfica em maior medida do que no primeiro modelo, que objetivava especificar melhor os temas essenciais da construção da segurança industrial. Para materializar ainda mais essas metáforas, devemos partir da proposta “visão do sistema sociotécnico” de Jens Rasmussen<sup>74</sup> e transformá-la para refletir melhor tudo que foi discutido nos capítulos anteriores, bem como neste capítulo. Essa visão do sistema sociotécnico de Jens Rasmussen foi reproduzida no Quadro 5.2 (figura no lado direito do quadro) deste capítulo e discutida em termos de seus pontos fortes e fracos. Uma alternativa gráfica a essa visão é agora proposta. Ela marca o que pode ser descrito como uma “virada construtivista” do esquema de Jens Rasmussen (com base na proposta de construtivismo “aberto e composto” apresentado

no Capítulo 4), introduzindo duas metáforas complementares, complexidade e redes, e consiste visualmente em:

- Em primeiro lugar, abandonar a visão hierárquica e descendente em favor de uma inscrição que enfatize o “policentrismo” ou o “acentrismo”, introduzindo a ideia de que não existe (ou não existe mais; mas alguma vez existiu?) um ponto de vista centralizador capaz de controlar e supervisionar os sistemas ou redes implantados quotidianamente nos universos de risco (mesmo que, de forma localizada, possamos identificar nós ou atores com um certo grau de centralização).<sup>75</sup>
- Em segundo lugar, sugerir causalidades complexas, auto-organizadas, com propriedades de amplificação/aceleração (ciclos de retroalimentação positiva) e estabilização/compensação (ciclos de retroalimentação negativa), representadas graficamente pela causalidade circular e recursiva, levando a dinâmicas emergentes e imprevisíveis, potencialmente levando a eventos (como também a “não eventos”).
- Em terceiro lugar, esses ciclos devem ser representados como circuitos de interação entre os atores que interagem com o mundo e entre si por meio de construções materiais, cognitivas e sociais, tendo em mente que “materializar é socializar e socializar é materializar”,<sup>76</sup> ou seja, introduzindo nesses laços circulares de interação as entidades heterogêneas que compõem as redes, incluindo artefatos tecnológicos (válvulas, tubos, sensores, *software* etc.), inscrições (procedimentos, telas, modelos, fórmulas, diagramas, dispositivos, instrumentos etc.) mas também entidades naturais (pressão geológica, neblina, atmosfera, *tsunami*),<sup>77</sup> mantendo um ponto de entrada por meio da *expertise* das diversas categorias de atores sem a qual esses sistemas não poderiam funcionar.<sup>78</sup>
- Em quarto lugar, indicar os princípios sociológicos das leituras micro e macro, distinguindo os tipos de atores em nível micro (engenheiros, operadores, quadros intermediários, dirigentes, consultores, fiscais etc.) e as instituições e espaços de socialização em nível macro que restringem e ao mesmo tempo permitem a ação desses atores, reconhecendo ao mesmo tempo a importância das dimensões culturais e de poder.
- Em quinto lugar, introduzir graficamente os observadores ou cientistas como parte dos sistemas e redes de atores, situações e artefatos, e não como observadores externos neutros, pois esses cientistas (engenheiros, químicos, psicólogos ou sociólogos etc.) constroem pontos de vista es-

pecíficos e modalidades de interação específicas com seus objetos/projetos de pesquisa dentro de sua instituição e comunidades de referência, de suas disciplinas ou tradições de pesquisa. A introdução dos cientistas é uma consequência da postura construtivista que questiona a distinção entre fatos/valores, sujeito/objeto e natureza/cultura, tendo como consequência que não é possível nenhuma visão sobressalente, estando os cientistas a bordo, com seus pontos de vista limitados, da mesma forma que os “não cientistas”. Não há nenhum ponto de vista sobressalente que possa reivindicar uma visão onisciente, o que implica a necessidade de reflexividade por parte dos pesquisadores em sua relação tanto com o campo quanto com outras disciplinas.

- Em sexto lugar, mostrar a importância da interação entre ciências “duas” e “moles”, com o objetivo de ir além das “duas culturas”,<sup>79</sup> para uma “terceira cultura” ou para as “humanidades científicas”, ambas expressões referentes às relações hierárquicas diferentes entre as duas culturas, a interação entre elas significando a circulação de conceitos e metáforas e insistindo na necessidade de certos objetos serem trabalhados de forma interdisciplinar.

O gráfico proposto (SSTM, Figura 5.7) pretende sustentar essas novas metáforas que permitem enquadrar-se em uma postura antidualista, como discutido nos Capítulos 3 e 4 sobre complexidade, redes e construtivismo. Elas mostram que os dualismos de natureza e cultura, sujeito e objeto, fatos e valores (mas também teoria e prática, corpo e mente etc.) devem ser problematizados. De “sistema sociotécnico” devemos passar para “redes e sistemas eco-bio-sociotecnológicos”, embora seja preferível manter o termo sociotecnológico por uma razão de legibilidade.

Essa figura pode ser lida por meio de várias das entradas propostas (por exemplo, tecnologia ou artefatos, inscrições e procedimentos, instrumentos, regulador, operadores, idealizadores, cientistas etc.), sem privilegiar nenhuma delas, sendo a problemática a de uma dinâmica global.<sup>80</sup> Como Bruno Latour escreveu sobre a aviação, “Voar é uma propriedade de associação de entidades, consideradas como um todo, incluindo aeroportos e aviões, bases de lançamento e balcões de passageiros. Os Airbus não voam, a Air France voa [...]. Os Boeings 747 não voam, as companhias aéreas voam”.<sup>81</sup>

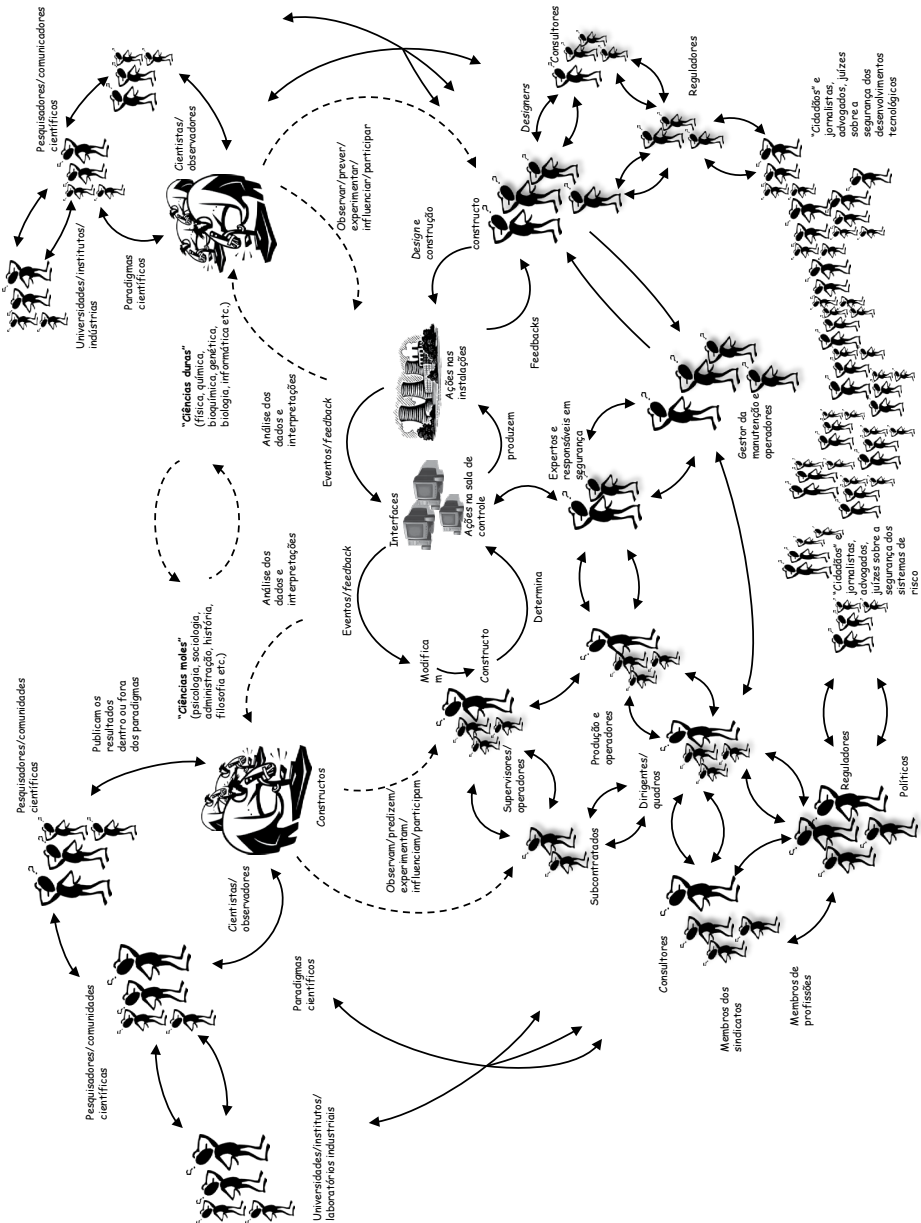
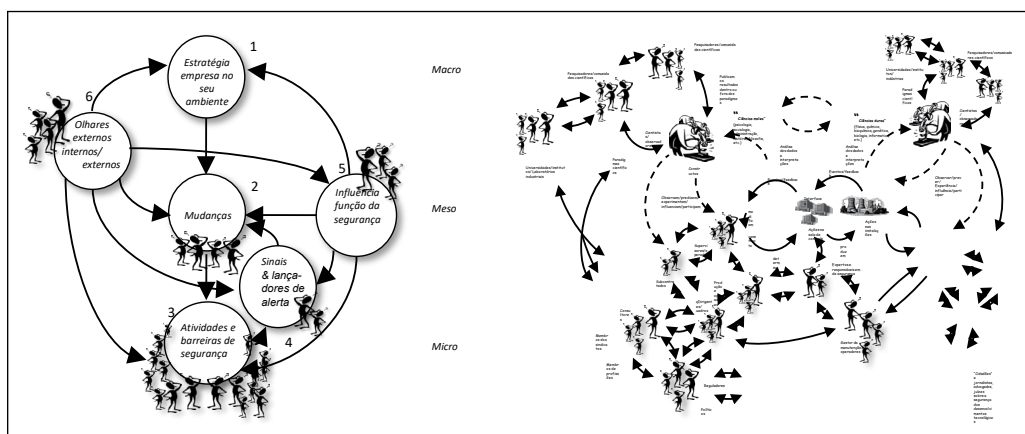


Figura 5.7 Modelo do sistema sociotecnológico modificado (SSTM)

## Dois novos modelos de segurança industrial

Podemos ver, então, que a combinação dessas duas novas propostas (MSDCS, Figura 5.6; SSTM, Figura 5.7) constitui uma possibilidade de renovação dos modelos, metáforas, inscrições e objetos de fronteira encontrados no domínio da segurança industrial e dos acidentes (Quadro 5.6).

**Quadro 5.6** Combinação das duas novas propostas para a segurança industrial e os acidentes



Desses modelos podem ser derivadas muitas implicações para a pesquisa, bem como para a prática, algumas das quais vamos discutir agora. No campo de pesquisa da segurança, permite-nos voltar para a pergunta de James Reason sobre a pesquisa se afastando cada vez mais das causas próximas dos acidentes, como os problemas de manutenção ou procedimentos. “O pêndulo não balançou um pouco demais?” foi a pergunta que ele formulou no final dos anos 1990 e início dos anos 2000.<sup>82</sup>

Ao nos afastarmos cada vez mais, nas análises e investigações, dos nexos causais que somos capazes de estabelecer claramente, não estamos nos afastando do próprio campo da pesquisa de segurança industrial? Em vez disso, precisamos, de fato, agir onde é possível agir. As “causalidades” ou “fatores” econômicos, políticos e sociais não são acessíveis aos engenheiros e gestores nas empresas. Eles precisam ser ajudados no seu dia a dia para remediar os problemas sobre os quais possam agir.



Esses modelos indicam, pelo contrário, que não devemos estar satisfeitos com o discurso de James Reason, mesmo que faça muito sentido. Ele deve ser complementado por estudos empíricos que mostram, por um lado, as transformações econômicas, políticas e sociais que afetam a capacidade de ação dos operadores, engenheiros e gestores, mas também, por outro lado, estudos que tentam mostrar, com uma certa flexibilidade, como algumas dinâmicas globais são mais favoráveis do que outras à manutenção da segurança, em uma abordagem que exige a multiplicação dos níveis de análise, sem se satisfazer com um ângulo de abordagem excessivamente estreito. Essa postura é certamente exigente, mas não deve ser abandonada sob o pretexto de que somente o que resulta em ação direta e livre de incerteza pode entrar nos estudos e pesquisas nessa área. São muitos os ganhos que se podem esperar de uma maior visibilidade das dinâmicas globais usando tais modelos no contexto de estudos empíricos. O capítulo seguinte mostra como.

## Em resumo

Este capítulo apresentou os modelos mais emblemáticos de segurança industrial e acidentes, indicando suas principais qualidades, nomeadamente a sua ambição genérica e normativa, as metáforas que utilizam, bem como o seu caráter visual de inscrição e o seu papel como objetos de fronteira, com caráter performativo. São os modelos de James Reason, Jens Rasmussen e Karl Weick. A comparação desses três modelos é interessante, por um lado, porque realça as suas características próprias e, por outro lado, porque nos permite, analisando os seus pontos fortes e fracos, ver como nenhum desses modelos é perfeito. Todos eles têm vantagens, mas limitações também, que interessa levar em consideração hoje para produzir novos modelos, especialmente depois da nova onda dos anos 2000.

Foram assim propostos dois modelos alternativos, um baseado em uma exploração de modelos genéricos normativos e descritivos, o outro baseado em uma transformação da visão sociotécnica de Jens Rasmussen e nos conceitos de complexidade, redes e construtivismo. Finalmente, os modelos obtidos não pretendem fazer tábula rasa com o passado. Pelo contrário, supõem reconhecer que jamais existe apenas uma forma de construir modelos (e inscrições) de um assunto tão complexo como a segurança industrial, e não existe um ponto de vista ideal, mais alto. Assim, esses modelos contêm empréstimos de modelos anteriores, como a noção de barreiras defensivas de James Reason (embora

restrita aos elementos tecnológicos e atividades próximas das instalações), as noções de envelope de segurança e auto-organização de Jens Rasmussen, ou as noções interacionistas e construtivistas de Karl Weick, mesmo que todos esses aspectos tenham sido readaptados em uma postura antropológica e filosófica antidualista. As implicações desses dois novos modelos são relevantes para a pesquisa e a prática, como vão ilustrar os capítulos seguintes.

## Notas

1. J. Reason (1990a, 1990b, 1997).
2. J. Rasmussen (1990, 1997).
3. K. Weick et al. (1999).
4. Isso não significa de forma alguma que os modelos de segurança apresentados neste capítulo representem a totalidade das práticas e trabalhos sobre o tema da avaliação da segurança industrial do ponto de vista das CHS. Devem ser associadas, nessa perspectiva, as atividades de consultorias especializadas, laboratórios de P&D de grandes grupos industriais (nuclear, transporte), vários institutos dedicados à segurança industrial, e alguns pesquisadores (como o ergonomista François Daniellou, por exemplo; ver Daniellou, 2012). A seleção dos modelos apresentados se baseou nos oito critérios de seleção definidos.
5. J. Reason (1990a, p. 31).
6. J. Reason (1990a, p. 19).
7. J. Reason (1990a, p. 33).
8. B. Turner & N. Pidgeon (1997); S. Dekker (2002b); S. Shorrock et al. (2004); E. Hollnagel (2004).
9. Essa observação é menos verdadeira para algumas das diferentes versões do modelo, em particular a primeira, que identifica bem diferentes tipos de atores, mais implícitos em versões posteriores ao se tornarem “fatias”.
10. J. Reason, E. Hollnagel & J. Paries (2006).
11. S.W. Dekker (2002b); S. Shorrock, M. Young, J. Faulkner & G. Braithwaite (2004).
12. K.J. Vicente (1999).
13. J. Rasmussen & A. Jensen (1974).
14. J. Rasmussen (1987).
15. Aliás, foi nesses termos que a problemática da segurança industrial nos níveis sociotécnicos foi formulada pelos pesquisadores de Berkeley, em particular por Todd La Porte (La Porte, 1981). Como se poderia aprender com os próprios erros se o fracasso, ou seja, o desastre tecnológico grave, não fosse possível?
16. J. Rasmussen (1997).
17. Essa noção coincide bastante com a ideia desenvolvida na mesma época, na sociologia, com o individualismo metodológico (Boudon, 1979, 1984), da agregação de comportamentos individuais provocando resultados inesperados.
18. K.E. Weick (1969).
19. K.E. Weick (1995, 2004, 2009).
20. H. Tsoukas (2009).

21. H. Blumer (1969).
22. K.E. Weick (1987, 1990, 1993, 2005).
23. K.E. Weick & K.H. Roberts (1993); K.E. Weick, K.M. Sutcliffe & D. Obstfeld (1999).
24. K.E. Weick et al. (1999, p. 91).
25. Para uma discussão dos autores sobre sua contribuição a respeito de questionamentos sociológicos em torno do poder, as instituições etc., ver K. Weick, K. Sutcliffe & D. Obstfeld (2005).
26. J.-L. Le Moigne (1999).
27. J.-C. Sperandio (2003); J. Leplat (2003); R. Amalberti, M. de Montmollin & J. Theureau (Eds.) (1991).
28. J. Reason (1990, p. 82-83).
29. J. Rasmussen (1976).
30. R. Amalberti (2001, p. 19).
31. J. Reason (1990a).
32. Para questões de ordem epistemológica em ergonomia, ver F. Daniellou (Ed.) (1996).
33. J. Rasmussen (1980).
34. R. Amalberti (2001, p. 18).
35. A. Hopkins (2009).
36. Z. Bauman (2000). No campo da teoria organizacional, Gareth Morgan desenvolveu e popularizou essa abordagem por meio de metáforas (Morgan, 1986).
37. D. Noble (2006, p. 21).
38. D. Noble (2006, p. 141).
39. Ver, por exemplo, B. Latour (1986). Para David Olson “O mundo do papel não forneceu apenas um meio de acumular e armazenar o que todos sabiam. Ele permitiu inventar meios conceituais para coordenar os pequenos fragmentos de saberes geográficos, biológicos, mecânicos e outros, extraídos de várias fontes, e colocá-los em um quadro de referência comum e apropriado” (Olson, 2010, p. 259).
40. Pensa-se aqui em Leonardo da Vinci. Para o historiador e teórico da arte Daniel Arasse, “O desenho é um veículo essencial de sua pesquisa, seja ela científica, técnica ou artística, e está de fato no centro de sua forma de pensar. [...] A sensibilidade de Leonardo é a de uma pessoa ‘visual’, sua disposição é, em geral, para um ‘pensamento gráfico’: para ele, a experiência é ‘a observação acompanhada de uma constatação gráfica [...] o conceito é um esquema’. Mais do que desenhar, aliás, é preciso transmitir a dimensão ativa, não apenas representativa, mas performativa, intelectualmente produtiva, que caracteriza sua prática de desenho” (Arasse, 2003, p. 271).
41. B. Latour (1986).
42. S.L. Star (1989); S.L. Star & J.R. Griesemer (1989).
43. D. Vinck & P. Trompette (2010).
44. S.L. Star (2010).
45. D. Vaughan (2005).
46. Contudo, isso não significa que seja “suficiente” puxar o fio da história para chegar a conclusões definitivas. Ao contrário, raramente o passado tem apenas uma leitura. Na história, François Dosse ilustra como as diferentes interpretações de um evento como a queda da Bastilha em 1789 correspondem ao momento histórico do trabalho dos historiadores, bem como a suas próprias sensibilidades intelectuais (Dosse, 2010). A investigação de acidentes não escapa a essa situação epistemológica do observador que mergulha em uma leitura

- do passado a partir do presente e de suas sensibilidades interpretativas. Podemos, assim, citar, a título de exemplo, a investigação do acidente do Challenger que começou com as conclusões da comissão de inquérito em 1986, o que foi depois revisado por Diane Vaughan (Vaughan, 1996), sendo a revisão da própria Diane Vaughan revisada depois por Paul Mayer (Mayer, 2003).
47. B. Cyrulnik (2011).
  48. M. Bourrier & H. Laroche (2001).
  49. A.R. Hale (2003).
  50. F. Aggeri & J. Labatut (2008).
  51. Como indicado na parte histórica, o trabalho de William Johnson (Johnson, 1973) consistiu em reunir as boas práticas em um sistema geral. O trabalho de Nancy Leveson também segue esse caminho (Leveson, 2004; Leveson, Cutcher-Gershenfeld, Carroll et al., 2005).
  52. Baker Panel (2007).
  53. J.-C. Moisdon (Ed.) (1997, p. 27).
  54. M. Bourrier (2007).
  55. D. Segrestin (2004); V. Boussard (2009).
  56. D. Vaughan (1992, 2004).
  57. D. Vaughan (1983).
  58. D. Vaughan (1986).
  59. B.G. Glaser & A.L. Strauss (1967).
  60. F. Milliken, T.K. Lant & E. Bridwell-Mitchell (2005).
  61. D. Vaughan (1999).
  62. Deve-se notar que, ao mesmo tempo, A. Waring & A.I. Glendon (1998), com uma orientação para a gestão da segurança, propuseram um modelo que se aproxima dessa decomposição.
  63. O interesse desse estudo de caso é, por outro lado, que antecipa as configurações modernas das empresas atuais, como observa Paul Mayer: “A Nasa, como uma grande organização, é característica da nossa modernidade: uso e desenvolvimento de conhecimento de ponta, competição intensiva, redução de custos e de pessoal, desvinculação do Estado, uso crescente de subcontratação e codesenvolvimento, organização matricial multilocal em programas, perfis e forças-tarefa ad hoc favorecendo a transversalidade e a flexibilidade” (Mayer, 2007, p. 74). O Capítulo 7 introduz o tema das novas morfologias organizacionais no mundo contemporâneo.
  64. D. Andler (2002).
  65. A. Hale & A. Glendon (1987).
  66. D. Vaughan (2003, 2005).
  67. P. Galison (2000, p. 35).
  68. Isso é o que comenta Paul Mayer em relação à tomada de decisão: “O problema estava de fato resolvido, a partir de uma reunião ad hoc (como a própria Vaughan aponta, mas sem tirar nenhuma conclusão de uma perspectiva gerencial)” (Mayer, 2003, p. 248).
  69. M. Farjoun (2005).
  70. D. Vaughan (1997).
  71. M. Dupré, J. Étienne & J.-C. Le Coze (2009).
  72. D. Vaughan (1990).
  73. D. Vaughan (2005, p. 53)
  74. J. Rasmussen (1997).

75. Esse ponto é tanto conceitual quanto empírico, ou seja, ligado às transformações do contexto e dos sistemas produtivos nos últimos vinte a trinta anos. O próximo capítulo retoma esse ponto.
76. B. Latour (2010).
77. Esse ponto será discutido no último capítulo sob o aspecto da “multiplicação de entidades” (Capítulo 7).
78. Esse ponto refere-se à defesa feita pelo sociólogo Richard Sennett do ofício, do saber-fazer, da *expertise* ou da experiência, em sua crítica ao novo capitalismo (Sennett, 2006, 2009).
80. Esse ponto será desenvolvido no Capítulo 7, pela perspectiva da “multiplicação de entidades”.
81. B. Latour (1999b).
82. J. Reason (1999).

