

# Inserção de Fatores Humanos em Ferramentas Tradicionais de Avaliação de Riscos

Reinaldo Augusto Gomes Simões, PhD

Programa de Educação Continuada em Engenharia (USP)

Juliana Eiko Nascimento, MSc

MACJEN ENGENHARIA

## ABSTRACT

A generalidade das recomendações sobre gestão de fatores humanos tem deixado dúvidas em como a empresa poderia adaptar procedimentos já existentes. O objetivo é desenvolver uma sistemática que permita incorporar a identificação e o controle de fatores humanos em algumas das tradicionais ferramentas de avaliação de riscos. Este trabalho inclui o levantamento e a seleção de elementos comuns nas ferramentas de identificação de *HF*s, para serem adaptados e incorporados nos procedimentos de outras ferramentas de avaliação de riscos. Os resultados incluem recomendações para se incorporar a consideração dos fatores humanos nos processos e em algumas dessas ferramentas, incluindo diretrizes de como incluí-los em auditorias. Sugere-se também uma heurística que pode servir de modelo para a futura adaptação de outras ferramentas.

*Palavras-chave:* fatores humanos; erro humano; avaliação de riscos; métodos; ferramentas

## 1. OBJETIVO

Desenvolver uma sistemática que permita incorporar a identificação e o controle de fatores humanos em processos e em algumas das tradicionais ferramentas de avaliação de riscos operacionais e de processos.

## 2. DESCRIÇÃO

Neste trabalho será adotada a definição de “fatores humanos referem-se a fatores ambientais, organizacionais e de trabalho, e características humanas e individuais, que influenciam o comportamento no trabalho de uma forma que pode afetar a saúde e segurança” [1]. A definição e a abrangência dos fatores humanos é vaga e ampla, e é interessante notar que mesmo autores clássicos como Trevor Kletz reconhecem a importância dos erros e fatores humanos, mas os abordam de forma generalizada. Por exemplo, em seu livro *Still Going Wrong!* [2], explica por que não incluiu um capítulo específico para o tema, pois os erros humanos perspassariam todos os capítulos.

Há muito se estima que cerca de 80% a 90% dos acidentes podem ser atribuídos, ao menos em parte, a ações e omissões por pessoas [3, 4]. Com a publicação de diversas normas, especificações, regulamentos e guias de sistemas de gestão (SG) e de avaliação de riscos (*risk assessment*, *RA*), e de forma patente nas suas revisões recentes, incluíram-se diretrizes visando a consideração dos fatores humanos em diversos elementos do SG e da *RA* [5-7]. Entretanto, a generalidade das recomendações relativas aos fatores humanos (*human factors*, *HF*) tem deixado dúvidas nas equipes não especializadas em ergonomia cognitiva ou engenharia de fatores humanos, inclusive nos psicólogos, sobre como adaptar e operacionalizar os procedimentos novos ou já existentes de modo a atender às diretrizes. Afinal, o que são e como reconhecer, avaliar e controlar os fatores humanos?

A partir da definição acima [1], uma maneira simples de se enxergar os fatores humanos é pensar sobre seus três aspectos: o trabalho, os indivíduos e a organização (e talvez incluir equipamento e o ambiente), e em como esses aspectos afetam a saúde e o comportamento de segurança das pessoas. Os diferentes elementos devem ser trabalhados de maneira equilibrada e sistêmica, pois complementam-se e são interdependentes. O desequilíbrio entre *hardware* (instalações, equipamentos, materiais), *humanware* (problemas e características humanas) e *software* (informações, procedimentos, sistema) é um motivo de

preocupação: não se deve focar apenas nos aspectos de engenharia, tampouco focar na só contribuição humana para a segurança pessoal, e nem colocar em detrimento as falhas de sistema e de gerenciamento [1].

Desde a década de 1970, diversas técnicas foram desenvolvidas para fornecer a não especialistas um meio estruturado de identificar a contribuição dos fatores humanos para os incidentes, nos segmentos aeronáutico, nuclear e químico. Seus métodos e critérios nem sempre permitem aplicação a outras áreas, e requerem informações e tempo que inviabilizam a aplicação de forma generalizada a todas as atividades de uma organização.

Quanto à metodologia utilizada no presente trabalho, baseou-se na literatura levantada através do *site* Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br>) a partir da busca de termos *human factor*, *human error*, *risk assessment*, *human reliability*. O trabalho inclui os resultados principais do levantamento, da análise e da seleção de elementos das ferramentas de identificação de *HF*. Como a finalidade é facilitar a identificação, e não a avaliação, não estão incluídos os diversos métodos quantitativos encontrados. No entender dos autores, as recomendações resultantes poderiam ser adaptadas pelas equipes, especializadas ou não, e incorporadas aos procedimentos de avaliação de riscos tradicionais, tais como *HAZOP*, *FMEA*, *APR/APP*, *HAZID*, *SWIFT*, *PT/PET*, *JSA*, *bow-tie*.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Abordagem reativa

A maioria dos artigos publicados sobre o uso de técnicas de identificação de erros humanos relata aplicações dos métodos após a ocorrência de um incidente, para sua investigação. Como ferramentas mais comuns, os relatórios incluem, por exemplo, o *Human Factor Analysis and Classification System (HFACS)*, que segue uma estrutura geral dividida em camadas: influências organizacionais, supervisão insegura, condições para atos inseguros, e atos inseguros (Tabela 1). Seu embasamento é (como em diversas ferramentas) no modelo de Reason para a investigação de causas humanas. Um dos trabalhos [8] aponta que sua taxonomia relativa a erro humano em geral não considera as condições mentais (cognitivas) e psicológicas (físicas e emocionais) potencialmente adversas do sujeito vitimado (como fadiga, doenças ou mesmo atitudes), nem erros latentes cometidos por gerentes de linha e supervisores (como pressão por produtividade). Os autores classificaram 319 fatores causais relatados em 119 acidentes da aviação civil utilizando a estrutura do *HFACS*, conseguindo atribuí-los a 14 das 16 categorias disponíveis. Tan e Moinuddin [9] destacam que os erros humanos devem ser reconhecidos como resultado, e não como causas – as quais seriam os erros organizacionais – e que os erros imediatos e incidentes ocorrem, consequentemente, ao nível individual. Wiegman e outros [10] decreveram e aplicaram os métodos *HFACS*, *human factors intervention matrix (HFIX)* e uma ferramenta de decisão por fatores múltiplos (*FACES*) para apoiar a identificação de *HF* em cada uma das etapas do processo da análise de causas raízes de eventos com danos graves a pacientes em instituição de saúde, concluindo que o *HFACS* proporciona uma análise de causas mais compreensível e a identificação de intervenções no sistema mais ampla.

Tabela 1 – Categorias da *HFACS*

Dimensão	Categoria
Influências Organizacionais	Gestão de Recursos Clima Organizacional Process Organizacional
Supervisão Insegura	Supervisão Inadequada Operações Planejadas Inapropriadamente Falha em Corrigir Problema Conhecido Violações Supervisórias
Pre-condições para Atos Inseguros	Estados Mentais Adversos Estados Fisiológicos Adversos Limitações Físicas e Mentais Má Gestão de Recursos da Tripulação Prontidão Pessoal
Atos Inseguros	Erros Baseados em Habilidades Erros de Decisão Erros Perceptuais Violações

Fonte: [8]

Outras abordagens mais sistêmicas analisaram os fatores mapeando-os conforme outro critério de classificação, o modelo conceitual em camadas. Para analisar o acidente da *Deepwater Horizon*, Tabibzadeh e Meshkati [11] introduziram um modelo em três camadas no qual parcela dos fatores causais ficavam localizados numa camada superior, que contém os fatores organizacionais (como pressão econômica, gestão de pessoal e processo de gestão de mudanças, entre outros); interligados aos fatores situados numa camada intermediária, contendo os fatores ao nível das decisões e ações (com questões técnicas como tipo ou quantidade de material utilizado, inspeções e checagens nas atividades, cálculos e respostas a indicadores etc.); por sua vez interligando-se a um terceiro nível fatores, o dos eventos básicos ou estados físicos do sistema (presença de contaminantes, interrupções de linha, pressurizações, vazamentos etc.)

### 3.2 Abordagem pró-ativa

A estratégia mais elaborada para a avaliação de fatores humanos deve partir da busca pró-ativa nos processos, de preferência ainda da fase de projeto da unidade, ou para a renovação de suas licenças. As legislações, normas e guias de diversos países exigem a inclusão dos fatores humanos e organizacionais (*HOF-factors*) nas avaliações quantitativas de risco, diversos artigos se dedicaram a pesquisar seu grau de implementação, encontrando grande variedade: desde nenhuma menção, até a inclusão dos *HOF* no sistema de gestão de riscos e como parte do processo de tomada de decisão [12, 13]. Balfé e Leva [14] constataram por entrevistas semi-estruturadas que apenas 5 em 15 indústrias europeias (de processos, manufatura, transporte e energia, em 5 países) estabeleceram, de maneira estruturada, métodos e ferramentas para identificar e analisar HF, sendo que apenas duas tinham equipes especializadas em HF, apontando uma lacuna em suas avaliações de risco, em contraste com a elevada contribuição dos erros humanos aos incidentes.

Estão disponíveis diversos métodos consagrados, de modo a superar a disparidade entre os níveis de análise das técnicas em relação às falhas humanas comuns nas investigações de acidentes maiores. Por exemplo, a estrutura proposta para a *safety critical task analysis (SCTA)* por Smith, Koop e King [15] parte da (1) identificação dos perigos principais da planta; segue para a (2) identificação das tarefas críticas para a segurança (*SCT*); a (3) compreensão e a (4) representação das *SCT*, por exemplo, pela *hierarquical task analysis (HTA)*; e só então a (5) identificação das falhas humanas e fatores de influência no desempenho (e que tornam essas falhas mais prováveis), por exemplo, aplicando-se o método do *Human-HAZOP*; a (6) determinação das medidas de segurança para controle do risco de falhas humanas (utilizando tanto a classificação de erros humanos, como a hierarquia dos controles); finalizando com a (7) gestão da recuperação dos erros e análise crítica da efetividade do processo. Os participantes envolvidos com o processo devem incluir projetistas, operadores, assessores e gestores.

O *Human-HAZOP* é um bom exemplo que pode ilustrar para os analistas como uma ferramenta tradicional de identificação de riscos é adaptada para incorporar a avaliação dos fatores humanos. Para realizar uma avaliação da confiabilidade humana de uma planta de especialidades químicas, Ellis e Holt [16] aplicaram o método descrito pelo HSE [3], semelhante a um estudo de *HAZOP* para o projeto de novos processos, porém focado na sequência de ações de procedimentos críticos numa planta química.

Etapa 1 – Identificação dos perigos principais da unidade e das atividades críticas para a segurança.

Etapa 2 – Delineamento dos passos-chave das atividades críticas (a partir da descrição por um operador entrevistado, e de preferência percorrendo o processo *in loco*, depois construindo a *HTA*).

Etapa 3 – Identificação de falhas humanas potenciais, utilizando um *checklist* apropriado [(HSE, [3, pp. 3, 5, 6, 8, 9; 16, Table 2] (com palavras-guia do tipo *mais, menos, nenhum, direto, inverso, outro*, ou assemelhados) e identificando os tipos dos erros ( lapsos, atos falhos, enganos ou violações).

Etapa 4, 5 e 6 – Avaliação das consequências, das possibilidades de recuperação, e das medidas de redução do risco (por exemplo, por controles, por instrumentação).

Etapa 7 – Recomendação de melhorias para prevenção de falhas humanas, baseando-se nas causas e nos *performance influencing factors, PIF*, os “fatores que influenciam a efetividade do desempenho humano e, portanto, a probabilidade de erro” (Tabela 2) [17, p. xviii, Table 3.2, p. 108; 16, p. 4]; por exemplo, pressão de tempo, fadiga, estresse, disposição dos controles e instrumentos, qualidade dos procedimentos).

Etapa 8 – Registro do *Human-HAZOP* em planilhas e, eventualmente, um relatório contendo as recomendações.

Tabela 2 – *Performance influencing factors (PIF)*

Fator	Sub-fator
Ambiente operacional	Ambiente de processo químico Ambiente de trabalho físico Padrão de trabalho
Características da tarefa	Projeto do equipamento Projeto do painel e controle Procedimentos e instruções de trabalho Treinamento
Características do operador	Experiência Fatores de personalidade Condição física e idade
Organização e sociedade	Trabalho de equipe e idade Políticas de gestão

Fonte: [17]

Em reuniões de equipe, não é produtivo aplicar *checklists* longos e repetitivos a cada tarefa em análise. Daí a importância do líder destas equipes dominar os conhecimentos em *HF*s para saber avaliar e selecionar apenas os itens mais pertinentes a cada fase da avaliação. Aplicações do *checklist* completo são recomendadas, todavia, nas tarefas totalmente novas ou nas pouco conhecidas. Smith, Koop e King [15] argumentam que o trabalho em equipe nem sempre é necessário: particularmente, indivíduos treinados adequadamente em identificação de fatores humanos podem trabalhar sozinhos com competência em determinadas etapas do processo, consultando ou recorrendo à ajuda de colegas conforme necessário. Entretanto, quanto mais pessoas se envolverem nas etapas do processo, maior a comunicação e a conscientização sobre os fatores humanos a serem reconhecidos e controlados na organização.

### 3.3 Métodos de Erro de Ação (AEA, *SHERPA*, *PHEA*),

Estão disponíveis métodos gerais que podem ser utilizados para identificar e, assim, reduzir situações prováveis de erro e também para apoiar a investigação de incidentes. Os elementos de tais métodos são o modelo básico de confiabilidade humana, a taxonomia do erro humano e a técnica de análise. J.R. Taylor desenvolveu um conjunto de quatro estratégias de análise de erro, às quais foi acrescentada uma quinta [17]:

a. métodos de erro de ação (AEA, *SHERPA*, *PHEA*),

- b. método de pesquisa de padrões,
- c. *THERP*,
- d. análise de caminhos ocultos ou furtivos,
- e. *SPEAR*

Um grupo de métodos qualitativos usado frequentemente são os métodos de erro da ação. São as versões atuais da *action error analysis* (AEA), da *systematic human error reduction and prediction approach* (SHERPA) [18] e da *predictive human error analysis* (PHEA). Essas técnicas apresentam grande semelhança entre si, com termos semelhantes aos da Tabela 3.

A análise de tarefa é a primeira etapa nos métodos, e consiste em descrever sistemática e compreensivelmente a sequência correta de operações nas tarefas que devem ser analisadas. A mera descrição em si já permite ter *insights* dos erros que podem emergir. Na verdade, ela é um termo genérico que se refere a uma ampla variedade de técnicas [17]. Particularmente para a SHERPA e a PHEA, a recomendação é de utilizar a *hierarchical task analysis* (HTA), que também é o exemplo apresentado no guia de diretrizes do CCPS, por ter sido amplamente utilizada em indústrias químicas, entre outras. A vantagem da HTA é que, como se desdobra em níveis de detalhamento, pode-se prosseguir até o nível adequado para a análise, ou até o básico da operação ou de execução. Os fluxogramas de processo que caracterizam os procedimentos documentados dos sistemas de gestão em geral não são otimizados para uma análise de tarefas com objetivo de identificar erros humanos.

Tabela 3 – Erros do Operador no *Action Error Method*

Fator
Término de procedimento
Atraso excessivo na condução de uma ação ou omissão da ação
Execução prematura de uma ação – cedo demais
Execução prematura de uma ação – condições não atendidas
Execução em objeto errado da ação
Ação única estranha
Ao tomar uma decisão explícita no procedimento, tomar a alternativa errada
Ao fazer o ajuste ou a leitura de uma instrumento, erro fora dos limites de tolerância

Fonte: [4]

A segunda etapa para os métodos é a identificação de erros (exceto para a SHERPA, que requer antes dessa a classificação da tarefa, onde as operações do nível mais inferior da HTA recebem um dos atributos: *ação, recuperação, verificação, seleção* ou *informação/comunicação*). A AEA apresenta, em algumas de suas versões disponíveis na literatura, listas de desvios nas ações humanas [4, 16] numa abordagem semelhante ao HAZOP, e contém desvios relacionados com as ações do usuário referenciadas a ações corretas ou padrão: *muito cedo, muito tarde, muita magnitude, muito pequeno, muito longo, muito curto, direção errada no objeto errado, ação errada*. Em sua variante original, o *action error method*, a lista de erros se assemelhava às listas da PHEA e da SHERPA: *ações não realizadas, ações na ordem errada, ações erradas, ações no objeto errado, ação muito tarde ou muito cedo, muitas ou poucas ações realizadas, ações na direção errada, ações em magnitude errada, falhas de decisão relacionadas às ações tomadas*. Uma terceira variante emprega um processo de perguntas para identificar os erros em cada operação: *que ação o usuário pode fazer de maneira errada no momento certo?, que ação o usuário pode realizar corretamente na hora errada?, o que acontece se o usuário executar uma ação incompleta ou omitir uma ação?, o que acontece se o usuário cometer um erro na sequência de ações?*

Tabela 4 – Classificação dos Erros para a *PHEA*

<b>Ação</b>	
A1	Ação muito longa/curta
A2	Ação no tempo errado
A3	Ação na direção errada
A4	Ação muito pequena/muito grande
A5	Mal alinhamento
A6	Ação correta no objeto errado
A7	Ação errada no objeto correto
A8	Ação de omissão
A9	Ação incorret
A10	Ação errada no objeto errado
<b>Checação</b>	
C1	Checação omitida
C2	Checação incompleta
C3	Checação correta no objeto errado
C4	Checação errada no objeto correto
C5	Checação no tempo errado
C6	Checação errada no objeto errado
<b>Recuperação</b>	
R1	Informação não obtida
R2	Informação errada obtida
R3	Recuperação de informação incompleta
<b>Transmissão</b>	
T1	Informação não transmitida
T2	Informação errada transmitida
T3	Transmissão de informação incompleta
<b>Seleção</b>	
S1	Seleção omitida
S2	Seleção errada
<b>Plano</b>	
P1	Pré-condição do plano ignorada
P2	Plano incorreto executado
P3	Plano executado correto mas inapropriado
P4	Plano correto executado muito cedo/muito tarde
P5	Plano correto executado na ordem errada

Fonte: [4]

Para a *SHERPA*, a identificação dos erros é feita (depois da análise da tarefa e da classificação da tarefa) associando-se erros plausíveis a cada tarefa de nível inferior e à classificação de tarefa. A associação do erro é auxiliada por uma lista de erros dentre 24 categorias (divididas entre os cinco tipos classificações da tarefa). Para a *PHEA*, a identificação (nela denominada *prescrição de erros*) é feita da mesma forma, mas inclui também a busca de erros que podem estar associados a tarefas superiores no *HTA*, bem como os erros de planejamento que podem ocorrer durante a elaboração de planos. O método também considera como os erros preditos podem ser recuperados antes que acarretem uma consequência negativa. Um exemplo do processo da *PHEA* é descrito pelo guia de diretrizes do [17, pp. 214-216]. A *PHEA* passou por um estudo de validação [4] que resultou numa proporção de erros com potencial de consequências significativas numa tarefa de calibração, com acerto de 98% durante um período de 5 anos.

### 3.4 Método de Pesquisa de Padrões

O método de pesquisa de padrões aborda o acidente como resultado de uma combinação de erros do operador e não analisa detalhadamente a tarefa ao nível de elemento, pois considera difícil tanto analisar as múltiplas sequências possíveis na tarefa, como a dificuldade de se determinar as taxas de erro, que são interdependentes. Mas os erros da sequência geralmente têm uma causa comum, como erro na tomada de decisão, no procedimento de trabalho ou na avaliação do estado da planta [4]. Portanto, deve-se analisar o erro mais à montante na cadeia causal.



### 3.5 THERP

A *technique for human error rate prediction (THERP)* [4, 19] é um famoso método quantitativo que se inicia por uma representação gráfica da tarefa, dividida em sequências de elementos constituintes. Esta etapa é qualitativa e interessa a este trabalho. São identificadas e representadas numa árvore de eventos as diversas sequências de eventos, em série e em paralelo, incluindo todos os eventos com desfecho de sucesso (desejáveis) e de insucesso (indesejáveis). Ou seja, cada subtarefa é mapeada gerando desfechos de sucesso paralelamente aos respectivos desfechos de insucesso. Em seguida, na etapa quantitativa, são calculadas e registradas em cada ramo da árvore as probabilidades de que cada subtarefa seja desempenhada com sucesso e, de maneira complementar, as probabilidades de insucessos nos ramos paralelos alternativos correspondentes, lembrando que as probabilidades serão incondicionais se o ramo não tem ramos anteriores, e serão probabilidades condicionais conforme seus eventos imediatamente anteriores. A grande limitação da *THERP* é a dificuldade de se analisar eventos não rotineiros, além da disponibilidade de dados probabilísticos.

### 3.6 Análise de Caminhos Ocultos (ou Análise de Caminhos Furtivos)

A análise de caminhos ocultos ou furtivos (*sneak path analysis*) é assim denominada por analogia com as análises de confiabilidade sobre circuitos furtivos de trajetos aeronáuticos ou de correntes elétricas. Procura identificar fontes de risco (perigos), como energia ou toxinas, e alvos, como pessoas, equipamentos críticos ou substâncias reativas; e se há alguma ação ou erro do operador, falha do equipamento ou de sequência técnica que contribua para o acidente: um *evento necessário*. Consiste em realizar um levantamento para identificar se algum desses eventos necessários poderia ocorrer e, no caso das ações e erros, se há outras ações ocultas, furtivas, "próximas" em termos temporais, espaciais ou psicológicos que necessitem ser controladas – em geral esta ação está bem próxima das ações normais do operador.

### 3.7 SPEAR

O *system for predictive error analysis and reduction (SPEAR)* [4, 17] é um na verdade conjunto de diversas técnicas qualitativas consagradas, algumas das quais já vistas neste texto: (1) análise de tarefas, (2) análise de *performance influencing factor (PIF)*, (3) *PHEA*, (4) análise de consequências e (5) análise de redução de erros. Após a aplicação análise de tarefas, a primeira das técnicas do *SPEARS*, já apresentada, terá seus resultados são combinados com os resultados da análise de *PIF*, como parte do processo de predição dos erros. Os *PIFs* [17] são os fatores que influenciam no desempenho humano. A análise de *PIF* permite classificar a tarefa em análise conforme grupos de fatores, que por sua vez determinam as probabilidades de erro.

A análise de consequências tem como objetivo avaliar as consequências da falha para a segurança, a qualidade ou a produtividade, não apenas na execução da tarefa, mas também as consequências de quaisquer efeitos colaterais que possam ocorrer no sistema como um todo, independentemente da tarefa ter sido executada ou não. Portanto, três tipos de consequência de erro humano são possíveis numa sequência de tarefas: (a) o objetivo global da tarefa não é alcançado, apenas; (b) o objetivo global da tarefa não é alcançado e ocorrem outras consequências negativas; (c) o objetivo da tarefa é alcançado, porém ocorrem outras consequências negativas (imediatas ou latentes), que podem também estar associadas a outros sistemas não relacionados com a tarefa. Note-se que em geral as avaliações de risco tradicionais focam apenas no primeiro tipo de consequência, o item a; um exemplo de consequência do tipo b é o operador errar o diagnóstico de um desvio no comportamento do processo e executar uma ação corretiva alternativa àquela requisitada pelo sistema; um exemplo do tipo c é quando o trabalhador toma um atalho, como tentar fazer duas coisas incompatíveis simultaneamente.

A análise de redução de erros preocupa-se com medidas para reduzir a frequência daqueles erros com consequências significativas e cuja recuperação é improvável. Um exemplo do processo do *SPEAR* é descrito pelo guia de diretrizes do CCPS [17, pp. 217-220]. Como se pode ver nos exemplos da literatura, a etapa final em todos os métodos é compilar os resultados na forma de uma tabela ou quadro.

McLeod (2015) propõe o uso da análise de *bow-tie* para a identificação de fatores humanos no pensamento de barreira (*barrier thinking*). Não é do escopo explicar a análise da gravata borboleta, mas apontar a importância de se manter tipos de controles, ou barreiras, como meios independentes em termos de *HF*: controles sistêmicos, controles de engenharia, e controles humanos. Atente-se que os *HF* podem anular,

deixar sem efeito, os três tipos. Além de independentes, os controles devem ser, obviamente, eficazes; e também inspecionáveis e auditáveis.

*Independência* significa que uma falha única não pode anular nem reduzir o desempenho de mais de um controle. Por exemplo, num evento de derramamento de combustível, os controles nível do tanque no painel do operador (C1), alarme de nível alto (C2), alarme de nível muito alto (C3) não são independentes: todos dependem do desempenho do sensor de nível. Entretanto, se C1, C2 e C3 se tornarem um único controle alarme de nível alto (C1') e for criado o desligamento automático da bomba (C2') independente do anterior, ter-se-á melhor desempenho do sistema. Analogamente, a verificação cruzada (*cross-checking*) entre dois operadores, um verificando a tarefa do outro, na prática acaba acontecendo de forma não independente [20].

### 3.8 INSPEÇÕES

O HSE [3, pp. 9 a 11] propõe um processo geral para planejar e empreender inspeções que considerem os fatores humanos, semelhante a um processo de auditoria, desde a análise da documentação que inclua na gestão de *HF*, passando por reuniões com os gestores, entrevistas a gerentes de linha e operadores, visitas às áreas, e reunião de fechamento. O método também propõe uma ferramenta de avaliação de maturidade da gestão de *HF* da organização que pode direcionar o tipo de inspeção. O documento lista uma séria numerosa de tópicos centrais (como garantia da competência em *HF*, *HF* na investigação de incidentes, entre outros), tópicos comuns (resposta a emergências, erros de manutenção, entre outros) e tópicos específicos (manejo de alarmes, gestão de riscos de fadiga, mudança organizacional e gestão de transição).

## 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Uma preocupação dos autores deste trabalho, graduados e experientes na área dos processos químicos, é divulgar a gestão de riscos e a gestão de fatores humanos para outros ramos industriais e de serviços carentes deste *know-how*. À medida que correm os anos, novos segmentos passam a sentir a necessidade de implementarem estas modalidades de gestão, em função da maior cobrança das sociedade, dos órgãos legisladores e fiscalizadores, e das partes interessadas, e felizmente encontram ampla oferta de metodologia pelas áreas mais avançadas nesses conhecimentos. Assim, as indústrias aeronáutica e nuclear anteciparam-se à química, que nas décadas recentes se juntou às primeiras como modelo e referência na disseminação dos conhecimentos e técnicas para outros segmentos, como a indústria da construção civil e a da mineração.

Na pesquisa de ferramentas que possam ser aplicadas genericamente a organizações, chama a atenção o maior número de artigos dedicados à investigação dos *HF* em incidentes. Esta tarefa não é fácil e exige competência, experiência e habilidades específicas, caso contrário os resultados serão frágeis e enganosos [antigos 4, 17, 20]. Mais recentemente, diversos artigos abordaram a incorporação dos *HF* em ferramentas específicas de análise, em geral versando sobre a análise de incidentes ocorridos, como estudos em *RCA* e *4Ms*. Já há estudos isolados que tentam incorporar *HF* em *RA* através da adaptações em métodos tradicionais como em *FMEA*, *QRA*, *PHA*, *BORA*, *Bow Tie Analysis*, e em projetos e utilização de equipamentos hospitalares. Entretanto, a variedade de métodos é grande e acaba ficando a critério de cada empresa escolher por si qual método utilizar, muitas vezes sem estar consciente da grande variedade de oferta de ferramentas disponíveis. Acaba-se aplicando aquilo que já se conhece, ou que alguma organização parceira faz uso, ou segue-se o aconselhamento de consultores.

O grau de detalhamento dado ao texto dedicado a cada ferramenta neste trabalho dependeu da disponibilidade de artigos e do grau de desenvolvimento feito por eles, que permitisse entender o processo da técnica adequadamente. Por este motivo, algumas ferramentas – como o método de pesquisa de padrões e a análise de caminhos – tiveram apenas seu princípio apresentado, e não seu procedimento. Outras, mais conhecidas e divulgadas, possibilitaram uma seleção de características comuns ou análogas que permitem oferecer as seguintes recomendações aos profissionais e equipes que buscam conhecimentos sobre como identificar fatores humanos.

Seguem as recomendações sugeridas pelos autores para se implementar a identificação e controle dos *HF* em qualquer organização. As informações e a literatura para direcionar a implementação das ações podem ser encontradas nos Resultados e nas Referências deste trabalho.



1. Conquistar a nomeação de um membro da Direção da organização como patrocinador interessado na gestão dos *HF*.
2. Capacitar a equipe interna de especialistas em *HF*.
3. Não inventar a roda: aproveitar as ferramentas já existentes na gestão da segurança, ambiental e qualidade como base, fonte de informação e até formulário de registro das revisões que irão complementar os documentos e neles incluir a gestão de *HF*, de forma integrada.
4. Treinar os participantes dos estudos na teoria de fatores humanos e erros humanos, proporcionalmente a seu papel na análise, principalmente a classificação dos erros (lapsos, atos falhos, enganos e violações) e respectivas formas de controle, e trabalhando muitos exemplos de caso. Os guias do CCPS e do HSE são excelentes fontes para esses conhecimentos, desde que devidamente traduzidos.
5. Selecionar as atividades críticas para a segurança, a serem estudadas prioritariamente. Basear-se nas análises de riscos já realizadas, na proximidade dos perigos maiores, e naquelas com a possibilidade de ocorrência de consequências catastróficas.
6. Iniciar pelo mapeamento do processo da atividade ou tarefa: dar preferência à *HTA*, que permite desdobramentos sucessivos até o grau de detalhamento necessário; na falta de recursos, aproveitar o diagrama de processos ou procedimento que estiver disponível, mas provavelmente requererá alguma revisão. Os operadores são participantes muito importantes, assim como a visita criteriosa ao processo e a realização de entrevistas de forma competente.
7. Caso o mapeamento já tenha sido bem elaborado e caso existam registros de outras técnicas de análise de riscos, este estudo pode ser feito sobre as planilhas de avaliação (*APR*, *FMEA*, *HAZOP*, *SWIFT* e outras), de modo a revisá-las para complementá-las com os *HF*.
8. Apesar de não estar presente nas descrições dos estudos consultados, a identificação de fatores humanos em função das falhas humanas e dos fatores de influência no desempenho humano deve ser, por sugestão, também realizada com a participação das equipes de operação, além dos líderes e dos especialistas, em reuniões com *brainstorming*, e em clima e ritmo tranquilo para que se possa, passo a passo nas etapas do processo ou atividade, levantar oportunidades de erro humano.
9. Utilizar, após o esgotamento do *brainstorming*, alguma das classificações das dimensões que caracterizam os *HF* para ter novas ideias e checar se algo foi esquecido. Por exemplo, inicialmente usar a divisão pelas características da tarefa, do equipamento, da pessoa, do ambiente, da organização (baseada na própria definição de *HF*). Outra opção, mais elaborada porém mais complexa, é a classificação hierárquica da *HFACS* (atos inseguros, pré-condições para os atos inseguros, supervisão insegura, influências organizacionais – e suas subdivisões).
10. Pode-se, ao desejar um estudo mais aprofundado, aplicar o *checklist* do *Human-HAZOP* aos nós do processo para verificar se mais fatores emergem. Fica a recomendação de que tanto o *checklist* como a classificação do item 9 devem ser aplicados posteriormente ao livre pensar do *brainstorming*, como verificação posterior, não como guia rígido a ser aplicado todo o tempo, para evitar o desgaste e a monotonia de se ficar preso à reaplicação da lista inúmeras vezes. Avaliar se esta etapa e a anterior serão restritas à equipe de especialistas em *HF* dedicados à análise.
11. Avaliar então as consequências, os controles, as possibilidades de recuperação e seus controles (analogamente a uma avaliação de riscos tradicional).
12. Propor melhorias a partir das causas dos *HF*, da classificação das dimensões e dos *PIF*. Elaborar e documentar os planos de ação conforme a sistemática de gestão da organização.
13. Registrar os resultados em planilhas e relatório executivo.
14. Implementar a auditoria da gestão dos fatores humanos, com auditores capacitados em *HF*.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] BOOKS-HSE48, *Reducing Error and Influencing Behaviour*, U. K. H. S. E. (1999). <https://cutt.ly/TEIII26>
- [2] KLETZ, T., *Still going wrong!: case histories of process plant disasters and how they could have been avoided*, Elsevier (2003).

- [3] HSE, "Identifying Human Failures". In *Human Factors – Inspectors Human Factors Toolkit, Core Topic 3*, UK, Health and Safety Executive (website) (2005). <https://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/core3.pdf>
- [4] LEES, F., *Lees' Loss Prevention In The Process Industries: Hazard Identification, Assessment And Control*, Butterworth-Heinemann (2012). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397189-0.00006-9>
- [5] OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES, *OHSAS 18001:2007 Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional*, British Standards Institution (2007).
- [6] BS ISO 45001:2018. *Occupational Health and Safety Management Systems. Requirements With Guidance For Use*, British Standards Institution (2018). <https://shop.bsigroup.com/products/occupational-health-and-safety-management-systems-requirements-with-guidance-for-use?pid=000000000030299985>
- [7] ANBT *NBR ISO 31000:2018, Gestão de riscos – Diretrizes*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro (2018). <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=392334>
- [8] WIEGMANN, D.A., SHAPPELL, S.A., *Human Error Analysis Of Commercial Aviation Accidents: Application Of The Human Factors Analysis And Classification System (HFACS)*, Aviat Space Environ Med (2001);72:1006–16. [https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/15409/dot\\_15409\\_DS1.pdf](https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/15409/dot_15409_DS1.pdf)
- [9] TAN, S., MOINUDDIN, K., "Systematic review of human and organizational risks for probabilistic risk analysis in high-rise buildings", *Reliability Engineering & System Safety*, 188 (2019): 233-250.
- [10] WIEGMANN, D. A., WOOK, L. J., SOLOMON, D. B., & SHAPPELL, S. A., "Implementing a Human Factors Approach to RCA2: Tools, Processes and Strategies", *Journal of Healthcare Risk Management*, 41(1), (2021): 31-46. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jhrm.21454>
- [11] TABIBZADEH, M., MESHKATI, N., "Learning From The BP Deepwater Horizon Accident: Risk Analysis of Human and Organizational Factors in Negative Pressure Test, *Environment Systems and Decisions*, 34(2), (2014):194-207. <https://doi.org/10.1007/s10669-014-9497-2>
- [12] SKOGDALEN, J. E., VINNEN, J.E., "Quantitative Risk Analysis Offshore—Human and Organizational Factors", *Reliability Engineering & System Safety*, 96, no. 4 (2011): 468-479.
- [13] RAHIMI, M., RAUSAND, M., "Monitoring Human and Organizational Factors Influencing Common-Cause Failures of Safety-Instrumented System During the Operational Phase", *Reliability Engineering & System Safety*, 120 (2013): 10-17.
- [14] BALFE, N., LEVA, M. C., "Human Factors Analysis In Risk Assessment: A Survey Of Methods And Tools Used In Industry", In *Contemporary Ergonomics and Human Factors 2014: Proceedings of the international conference on Ergonomics & Human Factors*, Southampton, UK, 7-10 April 2014 (p. 77). CRC Press. [https://www.researchgate.net/publication/300663697\\_Human\\_Factors\\_analysis\\_in\\_risk\\_assessment](https://www.researchgate.net/publication/300663697_Human_Factors_analysis_in_risk_assessment)
- [15] SMITH, E., KOOP, A. D. N. V., KING, U. S., "Guidance On Human Factors Critical Task Analysis", In *ICHEME Hazards XXII Symposium Series*, 156, (2011), pp. 367-374. <https://www.icheme.org/media/9267/xxii-paper-54.pdf>
- [16] ELLIS, G. R., HOLT, A., "A Practical Application Of Human-Hazop For Critical Procedures", In *Hazards XXI Symposium Series*, 155, (2009), pp. 434-439. <https://www.icheme.org/media/9560/xxi-paper-063.pdf>
- [17] EMBREY, D., KONTOGIANNIS, T., GREEN, M., *Guidelines for preventing human error in process safety*, Center for Chemical Process Safety 1, no. 1 (1994).
- [18] STANTON, N., SALMON, P., WALKER, G., BABER, C., JENKINS, D., *Human Factors Methods: A Practical Guide For Engineering And Design*, Ashgate Publishing Company, Burlington, T., USA, (2005).

[19] SWAIN, A. D., GUTTMAN, H. E., “Handbook Of Human Reliability Analysis With Emphasis On Nuclear Power Plant Applications”, Final report, NUREG/ CR-1278, Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission (1983).

[20] [12] MCLEOD, R. W., *Designing For Human Reliability: Human Factors Engineering In The Oil, Gas, And Process Industries*, Gulf Professional Publishing (2015). <https://cutt.ly/gEImXGL>