

## SERA E HFACS: DOIS SISTEMAS PARA ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DO ERRO HUMANO EM ACIDENTES E INCIDENTES AERONÁUTICOS<sup>1</sup>

Simone Figueira Sobreda<sup>2</sup>

Paulo Afonso de Oliveira Soviero<sup>3</sup>

Artigo submetido em: 29/08/2011

Aceito para publicação em: 17/10/2011

**RESUMO:** Com o constante aumento da confiabilidade da tecnologia aeronáutica, as falhas que ocorrem devido a equipamentos ou materiais são cada vez mais raras e as principais causas de acidentes são atribuíveis, hoje em dia, ao ser humano, conforme dados do “*National Transportation Safety Board*” (NTSB). Assim, a habilidade para investigar, classificar e detectar os fatores humanos, que se encontram na origem de acidentes e incidentes, passa a ter importância central no esforço de se evitar recorrências ou ainda no estabelecimento de defesas, de modo a impedir que os “erros humanos” se repitam ou se propaguem. Observa-se que, atualmente, existe uma tendência na utilização de modelos baseados na abordagem organizacional para análise e investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos. O objetivo deste trabalho é apresentar uma ferramenta que permita fazer a análise e a classificação destes erros. É apresentado para tal, o programa SERA (“*Systematic Error and Risk Analysis*”), que teve como objetivo inicial ajudar a preencher o sistema HFACS (“*Human Factors Analysis Classification System*”). Sendo um programa de fácil utilização, o SERA conduz o investigador, através de perguntas simples e diretas, à emergência das falhas ativas do operador e das pré-condições nos diversos níveis da organização. No presente trabalho faz-se também uma comparação entre os sistemas de classificação do SERA e do HFACS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Erro Humano. HFACS. SERA. Sistema de Classificação.

### 1 INTRODUÇÃO

Com a evolução tecnológica e o aumento da confiabilidade das aeronaves, o homem foi capaz de realizar o sonho de voar longas distâncias em um intervalo de tempo pequeno. Porém, apesar deste aumento da confiabilidade das aeronaves, acidentes ainda ocorrem e, segundo o “*National Transportation Safety Board*” (NTSB, 2010) durante o período estudado de dez anos, o fator humano foi citado como pelo menos uma causa ou fator contribuinte para algo entre 70 a 80% das ocorrências com respeito a acidentes relacionados ao “*Part 121*”. Este regulamento se refere às aeronaves operadas por transportador aéreo envolvendo aviões com configuração para passageiros com mais de nove lugares, ou, no caso de operações de carga, aviões com uma capacidade de carga de mais de 7.500 libras. (ESTADOS

<sup>1</sup> Artigo originalmente apresentado no 4º Simpósio de Segurança de Voo do IPEV – Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo, ocorrido em São José dos Campos, de 15 a 17 de agosto de 2011.

<sup>2</sup> Analista de Sistemas com mestrado em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA. Atualmente trabalha no ITA. simone@ita.br

<sup>3</sup> Professor Doutor do Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA. soviero@ita.br

UNIDOS, 2011). Aeronaves operadas sob o “*Part 121*” incluem tanto operações regulares quanto as não regulares, de acordo com publicação do NTSB (2010). No Brasil o regulamento que corresponde ao “*Part 121*” é o RBAC 121 (Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 121). Os fatores relacionados às aeronaves permanecem em torno de 20% e os fatores ambientais, em torno de 50%. Conforme, ainda, o NTSB (2010), dentro de cada ocorrência de acidente, qualquer informação que ajude a esclarecer por que o evento aconteceu é indicado como uma causa ou um fator contribuinte.

A Figura 1 provê mais detalhes sobre as causas e fatores dentro das principais categorias de fatores humanos, ambientais e de aeronave no ano de 2006. Estes dados mostram a proporção onde uma causa ou um fator específico foi citado, pelo menos uma vez, no acidente, porém cada ocorrência pode ter mais de um causa ou fator contribuinte. Esta figura mostra no que se refere aos fatores humanos, que os pilotos foram citados em 32,1% das ocorrências, um índice abaixo de outros relacionados aos fatores humanos, como por exemplo, do pessoal de fora da aeronave. Estes foram citados em 57,1% dos acidentes demonstrando um índice de contribuição maior atribuído ao pessoal de rampa que aos próprios tripulantes.

Conforme a “*Federal Aviation Administration*” (ESTADOS UNIDOS, 2009), três em cada quatro acidentes, portanto, cerca de 75% dos acidentes são resultantes de erro humano. No entanto, conforme Reason (2008) os erros não são aleatórios nem repentinos, ao contrário, são, na maioria das vezes, recorrentes e previsíveis. Indivíduos diferentes cometem os mesmos tipos de erros nas mesmas situações, sendo estes, então, classificados como erros sistemáticos. Através das análises das tendências destes erros, é possível montar um banco de dados estruturado, onde se possa identificar e classificar o erro, e, conseqüentemente, se erguer barreiras onde seja necessário, com isto impedindo a repetição do mesmo.

O objetivo deste trabalho é apresentar dois sistemas que permitem a análise e a classificação destes erros.

Wiegmann e Shappell (2003) fizeram um estudo das principais abordagens a partir das quais se estuda o erro humano; sendo estas, a abordagem cognitiva, a ergonômica, a comportamental, a aeromédica, a psicossocial e a organizacional. Destas, o modelo de Reason de causa de acidentes, baseado na abordagem organizacional e o modelo SHELL adaptado por Hawkins (1984) baseado na abordagem ergonômica, são aqueles sugeridos pelo manual da “*International Civil*

*Aviation Organization*” (ICAO, 1993) para a análise de acidentes. Observou-se, a partir deste estudo, que não existe um consenso para utilização de uma abordagem para o estudo do erro humano e que estes modelos são teóricos, havendo então uma lacuna a ser preenchida por um modelo prático na análise de acidentes.

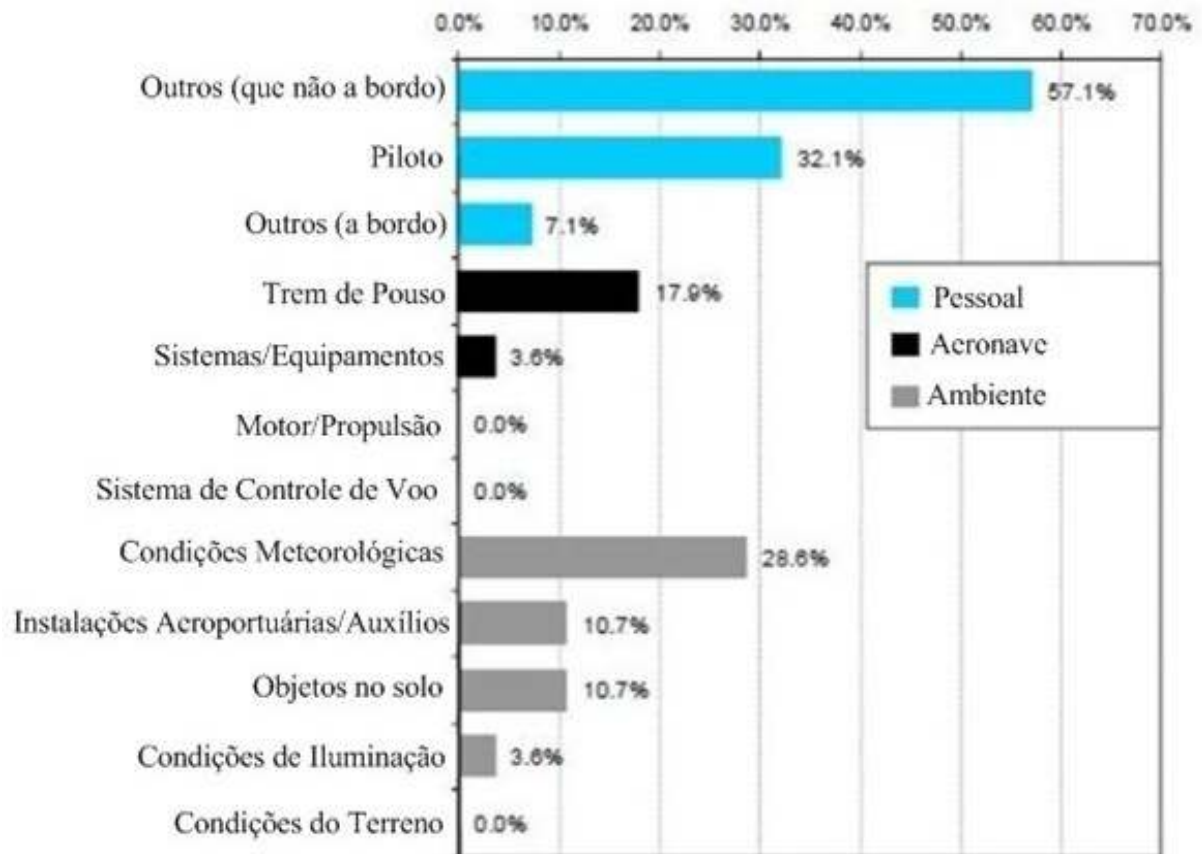


FIGURA 1 - Principais Causas/Fatores em Acidentes do “Part 121” no ano de 2006

Fonte: Adaptado do NTSB (2010)

São apresentados então, dois sistemas para a investigação e a classificação de fatores humanos na aviação. Primeiramente, descreve-se o HFACS (“*Human Factors Analysis and Classification System*”), baseado no modelo de Reason e que teve sua classificação a partir de dados coletados em acidentes e incidentes sofridos por pilotos da Marinha Americana, sendo estes dados posteriormente complementados por outros órgãos, ainda americanos. A seguir é feita a descrição do SERA (“*Systematic Error and Risk Analysis*”), baseado na teoria do controle perceptivo e do processamento da informação.

Esta ferramenta faz uso de um programa escrito em JAVA e simplifica o processo, que é feito de maneira estruturada, para análise de investigação de acidentes em um sistema complexo. O SERA foi originalmente desenvolvido para ajudar a preencher o sistema HFACS das Forças Canadenses. Ambos os sistemas

são baseados nos conceitos de falhas ativas e condições latentes, sendo que o SERA faz uma ligação entre as falhas ativas e as pré-condições que levam às falhas.

Segundo o conceito da abordagem ergonômica, o ser humano tem uma interface física ou lógica com outros elementos que podem influenciar no seu desempenho, em que, os fatores atuantes são: o ambiente, a máquina e os regulamentos que envolvem determinada atividade. Neste sistema o acidente pode ocorrer se há uma falha em uma destas interfaces que ligam dois ou mais elementos (WIEGMANN; SHAPPELL, 2003).

A abordagem organizacional analisa o erro humano a partir de uma série de eventos que envolvem toda a organização. Segundo esta abordagem os acidentes são decorrentes de falhas no sistema organizacional, que surgem a partir de decisões gerenciais ou de supervisão e que podem levar um indivíduo a cometer um erro. Diferentemente das outras perspectivas, tal abordagem deixa de focar o homem ou a máquina como sendo o elemento causador do acidente. Em vez disso, postula que o erro cometido pela tripulação foi uma condição final na cadeia dos eventos que o antecederam e que este erro foi um fator contribuinte que, somado aos outros fatores contribuintes, levou ao acidente.

## **2 HFACS (“HUMAN FACTORS ANALYSIS AND CLASSIFICATION SYSTEM”)**

Foi desenvolvido, em 1997, por Shappell e Wiegmann, um sistema originalmente chamado de Taxonomia para Condições Inseguras, tendo eles utilizado, para isto, mais de trezentos acidentes oriundos da aviação naval e que foram obtidos a partir de dados do “*Navy Safety Center*” nos Estados Unidos. Esta taxonomia foi posteriormente refinada, por seus desenvolvedores, usando, para tal, dados de outras organizações militares e civis, a saber: o “*Army Safety Center*” e o “*Air Force Safety Center*”, ambas organizações militares americanas; e o NTSB e a FAA, ambas organizações civis e também americanas. Estes dados surgiram das análises de centenas de relatórios de acidentes, que continham milhares de fatores causais oriundos dos fatores humanos, daquelas organizações. (SHAPPELL ET AL., 2000).

O resultado do trabalho desenvolvido por Shappell e Wiegmann foi o surgimento de um sistema denominado “*Human Factors Analysis and Classification*

*System*". Este sistema foi baseado nos conceitos de falhas ativas e falhas latentes, descrito por James Reason em seu livro "*Human Error*" de 1990. O HFACS tem como objetivo ser utilizado como uma ferramenta na análise e investigação de acidentes, onde, então, é possível definir as falhas que levaram ao acidente, tanto aquelas ativas, dos operadores, assim como, aquelas latentes, que se originam nas decisões do mais alto nível de gerência da organização ou ainda, pelos diversos níveis de gerenciamento da mesma.

O sistema HFACS descreve quatro níveis de falhas humanas, onde cada uma destas corresponde àquelas descritas por Reason (1990), em seu modelo das diversas contribuições humanas para a quebra de um sistema produtivo. Shappell e Wiegmann denominam estes quatro níveis, contados a partir do operador, como: atos inseguros, pré-condições para atos inseguros, supervisão insegura e influências organizacionais.

## **2.1 Atos Inseguros**

Segundo Reason (1990), um ato inseguro é um erro ou uma violação cometido na presença de um perigo que, se não for corretamente controlado, pode levar a algum dano. Baseado neste conceito, Shappell et al. (2000) classificam os atos das tripulações em duas categorias, a saber, os erros e as violações. De maneira geral, os erros são cometidos por alguma falha nas atividades físicas e mentais de indivíduos, e estas falhas não permitem que estes indivíduos atinjam seus objetivos conforme o esperado. Por outro lado, as violações são atitudes tomadas por indivíduos que, voluntariamente, desrespeitam as regras e regulamentos que governam a segurança de aviação.

### **2.1.1 ERROS**

Os erros, conforme Reason (1990) e Shappell et al. (2000), podem ser classificados em três tipos básicos, a saber, erros de decisão, erros baseados em habilidades e erros de percepção.

#### **2.1.1.1 Erros de decisão**

Erros de decisão derivam de comportamentos intencionais, ações ou inações que se desenvolvem conforme a intenção do indivíduo, porém, o planejamento se revela inadequado ou inapropriado para determinada situação, algumas vezes, por

falta de conhecimento, outras vezes, simplesmente, por este indivíduo se defrontar com diversas opções e fazer uma escolha ruim. Podem-se agrupar estes erros de decisão em três categorias, sendo estas, os erros de procedimentos, os erros devido às escolhas ruins e os erros na resolução de problemas.

Os erros de decisão devido a procedimentos surgem no contexto de tarefas altamente estruturadas, onde existe uma sequência lógica para as tomadas de decisão. As tarefas de pilotagem, na aviação tanto militar quanto civil, fazem parte deste contexto, conseqüentemente muitas das decisões dos pilotos são baseadas em procedimentos durante as diversas fases do voo. A maior parte dos erros deste tipo ocorre quando não há um reconhecimento da situação, ou quando esta é mal diagnosticada, levando à execução de um procedimento incorreto.

Os erros de decisão devido às escolhas ruins são aqueles que ocorrem quando decisões erradas são tomadas a partir de situações enfrentadas pelos tripulantes. Neste caso, normalmente, estes tripulantes estão diante de diversas opções que não fazem parte dos procedimentos padrões da aviação. Estes erros podem ocorrer com tripulações inexperientes, ou tripulantes que se encontrem em situações em que há pouco tempo para as tomadas de decisão, ou ainda, por pressões externas que fazem com que o piloto, muitas vezes, escolha bem, e, outras vezes, escolha mal.

Os erros de decisão devido à resolução de problemas são os erros cometidos em situações novas enfrentadas pelos tripulantes. Estas situações, normalmente não são bem definidas, não existem procedimentos formais e as opções de respostas não estão disponíveis. Nestes casos, os indivíduos precisam inventar uma nova solução. Embora estas situações sejam raras, a proporção de erros deste tipo é alta, (SHAPPELL ET AL., 2000).

#### 2.1.1.2 Erros baseados em habilidades

Os erros baseados em habilidades surgem a partir de falhas de memória, falhas de atenção e erros de técnica. As falhas de memória e de atenção ocorrem na execução de tarefas básicas executadas através de comportamentos automatizados da tripulação, tarefas estas em que o piloto está habituado a realizar. Assim sendo não é preciso um alto grau de raciocínio para executá-las. Erros de técnica decorrem de comportamentos individuais durante o voo. Indivíduos com o mesmo treinamento

podem agir diferentemente em determinadas situações, pois estes erros estão ligados à capacidade e à aptidão, que são particulares a cada ser humano.

### 2.1.1.3 Erros de percepção

Os erros de percepção são aqueles cometidos pela tripulação a partir de uma percepção que difere da realidade, tornando-se então uma percepção falha. Estes erros, normalmente, ocorrem quando a tripulação está voando em condições adversas ou em voos noturnos. Estas condições podem levar um indivíduo a sofrer desorientação espacial, ilusões visuais, ou mau julgamento da velocidade, atitude ou altitude da aeronave. Quando estes eventos ocorrem, é possível que a tripulação seja levada a tomar decisões erradas a partir de informações recebidas pelo cérebro que não sejam as reais.

### 2.1.2 VIOLAÇÕES

As atividades aéreas são regidas por normas e regulamentos que garantem a segurança de aviação. Determinados indivíduos cometem violações a partir do momento em que, deliberadamente, descumprem normas e regulamentos adotados pela organização a qual pertencem. Estas violações, embora deliberadas, não têm a pretensão de causar danos ao sistema. A tentativa de causar danos ao sistema, de maneira intencional, denomina-se sabotagem e esta não faz parte dos estudos de fatores humanos na segurança de aviação.

Reason (1997), (2008) classifica as violações em três classes, como descrito abaixo. Em todos os casos, a decisão de não respeitar os procedimentos para operações seguras é formada por ambos os fatores organizacionais e individuais, embora o balanço entre estas influências possa variar de uma violação para outra.

#### 2.1.2.1 Violações de rotina ou violações no nível de desempenho baseado em habilidade

Estas envolvem os atalhos, em que o operador segue o caminho de mínimo esforço entre dois pontos relacionados à tarefa. Violações de rotina são promovidas por procedimentos malfeitos que levam a ações, ao longo de um caminho, que parece ser mais comprido que o necessário. Estes atalhos se tornam uma parte habitual do comportamento da pessoa, particularmente onde o ambiente de trabalho é relativamente indiferente, ambientes aqueles que raramente punem violações ou recompensam os que seguem as normas.

Violações de otimização “ou violações em busca de emoções” também é uma característica das violações no nível de desempenho baseado em habilidade. Estas refletem o fato de que as ações humanas cumprem uma variedade de objetivos motivacionais e que alguns destes não estão relacionados com os aspectos funcionais da tarefa. Deste modo, seja o objetivo prático de um motorista que é ir do ponto A ao ponto B. No entanto, durante o processo ele pode priorizar o prazer de correr ou satisfazer seus instintos agressivos. Tendências em priorizar os objetivos pessoais, em vez dos que são funcionais, podem se tornar uma parte incorporada ao estilo de desempenho de um indivíduo. Estas violações são características de grupos demográficos particulares, tais como o de jovens motoristas do sexo masculino. (WIEGMANN E SHAPPELL, 2003).

#### 2.1.2.2 Violações necessárias ou situacionais ou ainda, violações no nível de desempenho baseado em normas

Enquanto que violações de rotina e de otimização estão nitidamente ligadas à realização de objetivos pessoais, que são o mínimo esforço, e as emoções, as violações necessárias, que são as que têm suas origens básicas em situações particulares do trabalho, situações estas que criam condições para uma violação necessária ou situacional. Aqui o não cumprimento é visto como essencial e, em muitos casos, as violações são as únicas maneiras que permitem a realização do trabalho. Violações necessárias são comumente provocadas por deficiências da organização no que diz respeito ao local de trabalho ou ao sistema. Além disto, tais violações também podem prover um jeito mais fácil de trabalhar, o que pode fazer com que, frequentemente, estas violações se tornem parte do desempenho baseado na habilidade natural de uma pessoa.

#### 2.1.2.3 Violações no nível de desempenho baseado em conhecimento

Estas violações acontecem em situações novas ou atípicas, para as quais é improvável que exista algum treinamento ou orientação de procedimentos. Instrutores ou aqueles que escrevem os procedimentos só podem tratar de situações previsíveis ou conhecidas. Existem situações que, embora tenham sido cobertas pelo treinamento, podem nunca ter sido enfrentadas pelo operador, o que leva este, ao cometimento de violações. Esta é uma área na qual as violações podem se transformar em recuperações heroicas.



Os autores do sistema HFACS (WIEGMANN E SHAPPELL, 2003) classificam as violações baseando-se em Reason (1990). Portanto, o sistema classifica como violações de rotina aquelas que são cometidas habitualmente, e violações excepcionais aquelas que são cometidas ocasionalmente e que são produtos de uma ampla variedade de condições locais. Estas classificações englobam as três descritas nos parágrafos anteriores, Reason (1997), (2008). Alguns erros e violações são exemplificados abaixo, conforme o trabalho dos autores do Sistema HFACS (SHAPPELL ET AL., 2000), (WIEGMANN E SHAPPELL, 2003).

### **Exemplos de Erros:**

- a) Erros baseados em habilidades: Falha na supervisão visual; falha em priorizar a atenção; utilização inadvertida dos comandos de voo; omissão de um dos passos do procedimento; omissão de um item do “*checklist*”; técnica ruim; controle excessivo da aeronave; confiança exagerada na automação; sobrecarga de tarefas; distração; hábitos negativos; falhas em ver e evitar.
- b) Erros de decisão: Procedimento ou manobra inapropriada; conhecimento inadequado de sistemas ou procedimentos; habilidade excedida; resposta errada em emergência; emergência mal diagnosticada; decisão ruim.
- c) Erros de percepção: devido à ilusão visual; devido à desorientação espacial, vertigem; devido a mau julgamento da distância, da altitude, da velocidade, da separação.

### **Exemplos de Violações:**

- a) Rotineiras: “*briefing*” inadequado para o voo; falha ao usar o alerta de radar do controle de tráfego aéreo; execução de uma aproximação não autorizada; violação das regras de treinamento; voo VFR (“*Visual Flight Rules*”) em condições meteorológicas marginais; desobediência aos manuais; violação de ordens, regulamentos, SOPs (“*Standard Operating Procedures*”); falha em inspecionar a aeronave após alerta luminoso durante o voo.
- b) Excepcionais: realização de manobra acrobática não autorizada; técnica de decolagem imprópria; falha em obter informações confiáveis sobre o clima; exceder os limites da aeronave; falha em completar os cálculos de desempenho para o voo; aceitar um perigo desnecessário; falta de qualificação ou atualização para o voo; voo não autorizado em desfiladeiro à baixa altitude.

## 2.2 Pré-Condições Para Atos Inseguros

As pré-condições para atos inseguros ou, os precursores psicológicos, como descritos por Reason (1990), são aquelas situações que criam as possibilidades para o surgimento dos atos inseguros. No caso das investigações de acidentes, é a partir destas pré-condições que os investigadores buscam as causas que levaram a tripulação a cometer o ato inseguro.

Wiegmann e Shappell (2003) dividem estas pré-condições para atos inseguros em três categorias, a saber, condições dos operadores, fatores pessoais e fatores ambientais.

### 2.2.1 CONDIÇÕES DOS OPERADORES

As condições físicas, mentais e fisiológicas podem afetar, e normalmente influenciam o desempenho profissional dos indivíduos. Shappell et al. (2000) atribuem três estados dos tripulantes ao elo crítico da cadeia de eventos que podem levar a um ato inseguro, a saber: o estado mental adverso, o estado fisiológico adverso e as limitações físicas ou mentais.

Estado mental adverso refere-se ao estado mental do piloto quando este está sofrendo algum tipo de influência prejudicial ao seu raciocínio ou as suas tomadas de decisões. Por ser a aviação uma atividade que requer um trabalho mental elevado, é necessário que seja avaliada, em uma investigação, se determinada tripulação não está sob efeito de sono, fadiga mental, ou sujeita a tarefas que aumentem a sua carga mental de trabalho. Também se incluem aqui, traços negativos de personalidade, tais como, excesso de confiança, arrogância e impulsividade, pois os mesmos podem levar a infrações, as quais fazem parte dos atos inseguros.

Estado fisiológico adverso refere-se aos estados médicos e fisiológicos nos quais se encontra a tripulação. Situações que afetam o organismo, tais como, ilusões visuais, desorientação espacial, fadiga física e, nesta classificação é importante que seja observado pelos investigadores, se a tripulação estava medicamente aeronavegável. Embora possa parecer de pouca importância, quando tripulantes são afetados por uma dor de cabeça ou um resfriado, estes, muitas vezes optam pelo uso de medicamentos sem prescrição médica. É possível que, em uma situação de emergência, ou com a mudança de altitudes sofrida pelas aeronaves e

pelos pilotos, a fisiologia destes seja afetada pelo uso de medicamentos, que, em um primeiro momento, podem parecer inofensivos.

Limitações físicas ou mentais referem-se às limitações destas capacidades, nos pilotos, para o cumprimento de determinada missão. Durante o processo de seleção estas capacidades são examinadas, pois, as operações aéreas constantemente exigem as melhores aptidões físicas e mentais destes aeronavegantes. Aspectos físicos, como a visão ou força física são fatores requeridos para o voo. Existem situações em que a capacidade física do piloto é exigida, e um piloto que se encontre fora dos limites destas exigências, pode perder o controle da aeronave, caso não possua os atributos necessários durante uma emergência. Ainda, como parte das características dos aeronavegantes, pode-se citar a habilidade natural para o voo e a capacidade mental que proporcione um processamento mental rápido, pois na atividade aérea, é necessário que as respostas também sejam rápidas. Porém, em diversas ocasiões, esta rapidez no processamento da informação, em uma situação onde o tempo disponível seja pequeno, pode trazer como consequência, a ocorrência de erros na tomada de decisão. Cabe aos investigadores descobrirem se estas limitações contribuíram para que o acidente ocorresse.

### 2.2.2 FATORES PESSOAIS

Estes fatores referem-se às maneiras inseguras pelas quais os operadores realizam as diversas atividades que estão sob suas responsabilidades. Estas condições que são, normalmente, inaceitáveis, eventualmente levam a ocorrência de atos inseguros. Wiegmann e Shappell (2003) classificam estes fatores em dois itens, a saber, CRM (“*Crew Resource Management*”) e disposição pessoal.

O CRM, ou o gerenciamento de recursos de cabine, diz respeito às falhas na comunicação entre os tripulantes na cabine de pilotagem, ou entre estes e todos os outros personagens do amplo cenário da aviação, quer seja entre aeronaves, entre estas e o controle de tráfego aéreo, com o pessoal de suporte, da manutenção, assim como falhas no “*briefing*” e “*debriefing*”. Falta de coordenação entre os membros da equipe ou falhas nas comunicações dentro e fora da cabine geram confusões e levam a ocorrência de falhas nas decisões, e, por consequência, aos atos inseguros.

Prontidão pessoal refere-se às falhas na preparação pessoal do indivíduo quando de sua apresentação para o trabalho, a fim de manter um nível ótimo de desempenho durante a realização da tarefa. No caso da aviação, os tripulantes devem estar física e mentalmente preparados para o voo. Para tal, é necessário que esta tripulação, respeite, antes do voo, os períodos de descanso, o limite de tempo de ingestão de bebidas alcoólicas, o uso de automedicação e que tenham uma alimentação adequada em função da tarefa exercida. Cabe à tripulação usar o bom senso para decidir se está apta ou não para o voo, pois caso estes parâmetros não sejam respeitados, o desempenho pode ser degradado, levando aos atos inseguros.

### 2.2.3 FATORES AMBIENTAIS

Os fatores ambientais são aqueles externos ao ser humano e que influenciam negativamente nas operações dos tripulantes. Wiegmann e Shappell (2003) classificam estes fatores em: ambiente físico e ambiente tecnológico.

O ambiente físico refere-se aos efeitos negativos sofridos pela tripulação em função do ambiente da operação, tais como, terreno, altitude, clima, e também pelo ambiente dentro da cabine, tais como calor, vibração, iluminação, toxinas, e outros fatores que possam afetar o tripulante em seu local de trabalho. Estes ambientes adversos causam degradação do desempenho da tripulação, podendo levar, deste modo, a diversos atos inseguros.

O ambiente tecnológico refere-se aos erros ocasionados a partir dos aspectos tecnológicos das aeronaves. Este ambiente engloba uma variedade de questões, incluindo o “*design*” de equipamentos e dos controles, características dos mostradores e interfaces, “*layouts*” dos “*checklists*”, fatores ligados às tarefas e automação. Estes equipamentos, embora projetados levando-se em conta os fatores humanos, e mesmo tendo o intuito de reduzir a carga mental de trabalho, têm sido causa de uma série de eventos que afetam o desempenho dos tripulantes, a saber, confusões em relação aos comandos, confiança demasiada nos sistemas e complacência por parte das tripulações, levando-as a cometerem erros que outrora não seriam cometidos.

Algumas pré-condições para atos inseguros são exemplificadas a seguir, baseado no trabalho dos autores do Sistema HFACS, Shappell et al. (2000), Wiegmann e Shappell (2003).

**Exemplos de Condição do Operador:**

- a) Estado mental adverso: perda de consciência situacional; complacência; estresse; excesso de confiança; má vigilância do voo; excesso de tarefas; alerta (sonolência); longo tempo fora de casa; fadiga mental; disritmia circadiana; atenção muito focada; distração; pressa; motivação inapropriada.
- b) Estado fisiológico adverso: doença; hipóxia; fadiga física; intoxicação; enjoo; efeitos de medicamentos sem receita;
- c) Limitações físicas ou mentais: limitações visuais; tempo de reação insuficiente; sobrecarga de informações; experiência inadequada para a complexidade da situação; incompatibilidade das capacidades físicas; falta de aptidão para voar; falta de estímulos sensoriais.

**Exemplos de Fatores Pessoais:**

- a) CRM - gerenciamento de recursos de cabine: falha na condução de “*briefing*” adequado; falta de espírito de equipe; falta de assertividade; falha na coordenação ou comunicação dentro da aeronave, entre aeronaves, com o ATC (“*Air Traffic Control*”); interpretação errônea de chamadas do controle de tráfego; falha de liderança; falha de monitoramento entre os tripulantes; gradiente de autoridade; uso de terminologia padrão.
- b) Prontidão pessoal: desrespeito às normas de descanso de tripulantes; treinamento inadequado; automedicação; excesso de exercícios durante as folgas; dietas inadequadas; maus padrões de julgamento do risco.

**Exemplos de Fatores Ambientais:**

- a) Ambiente físico: clima; altitude; terreno; iluminação; vibração; toxinas na cabine; estresse térmico - calor ou frio; ruído; acelerações.
- b) Ambiente tecnológico: “*design*” de equipamentos e dos controles; “*layouts*” do “*checklist*”; características dos mostradores e interfaces; automação; equipamentos de comunicação; interferência de equipamento pessoal; área de trabalho incompatível com o ser humano; restrições de visibilidade.

**2.3 Supervisão Insegura**

Conforme foi preconizado por Reason (1990), em seu modelo de causas de acidentes, os supervisores que estão no nível de gerenciamento têm que, como uma

de suas funções, tomar decisões que tenham consequências seguras para as operações, nos seus diversos departamentos. Porém, devido a fatores diversos, estas decisões nem sempre são as mais adequadas para a segurança de aviação. Assim, os resultados destas influenciam o estado de ânimo dos pilotos, e em como eles executam as tarefas. Tais influências se estendem até ao ambiente no qual as aeronaves são operadas.

Wiegmann e Shappell (2003) classificam em quatro categorias estas supervisões inseguras, a saber, supervisão inadequada, planejamento inapropriado de operações, falhas em corrigir um problema conhecido e as violações da supervisão.

### 2.3.1 SUPERVISÃO INADEQUADA

Refere-se às situações onde houve falhas por parte da supervisão em prover o sucesso dos operadores a ela subordinados. É importante, que, durante as investigações, o papel da supervisão seja considerado, e que, seja avaliado se as falhas de supervisão agiram como fatores causais ou contribuintes para que as ocorrências acontecessem. É possível considerar-se como falhas de supervisão, as faltas de liderança, de orientação, de treinamento, da vigilância, de incentivos, e outros aspectos que resultam em atitudes que afetem a segurança do voo. Uma supervisão inadequada, que falha em prover treinamento adequado em CRM de tripulantes, por exemplo, pode comprometer o desempenho de uma equipe que, durante um voo, seja colocada diante de uma situação adversa. É importante capacitar tripulantes para que estes tomem decisões e que executem suas tarefas de maneira individual. Porém, ao mesmo tempo em que eles devam estar habilitados a cumprir suas missões, a falta de orientação e vigilância pelos supervisores pode levar a diversas violações dentro da cabine, e, eventualmente, ser a causa de acidentes.

### 2.3.2 PLANEJAMENTO INAPROPRIADO DE OPERAÇÕES

Esta categoria refere-se ao planejamento inapropriado do ritmo das operações e da programação dos horários das tripulações. Uma supervisão insegura pode colocar uma determinada tripulação em situação de risco, caso escalas de voo de tripulantes não prevejam tempo de descanso suficiente, podendo acarretar uma

redução no desempenho dos pilotos, seja por fadiga, por estresse ou, simplesmente, por estarem muito tempo afastados das famílias.

### 2.3.3 FALHAS EM CORRIGIR UM PROBLEMA CONHECIDO

Refere-se às falhas, por parte da supervisão, na correção de problemas que são conhecidos, tanto por supervisores, como por outros membros da equipe e que continuam sendo tolerados com o passar do tempo. Estas deficiências podem ser de treinamento, equipamento, de comportamentos de indivíduos durante o voo, ou outras deficiências, que sejam conhecidas dos supervisores, que não sejam corrigidas e que afetem a segurança. Falhas na correção e na disciplina destes comportamentos inadequados promovem um ambiente inseguro e também facilitam a violação de regras, podendo, com isso, ocasionar diversos acidentes.

### 2.3.4 VIOLAÇÕES DA SUPERVISÃO

Tais violações referem-se àquelas, que, deliberadamente, são cometidas pela supervisão, violando as normas e regulamentos preconizados pela organização. Fazem parte da categoria de violações da supervisão, além das falhas dos supervisores, nas aplicações de regras ou de regulamentos vigentes, o abuso de autoridade dos supervisores em relação aos seus subordinados; e a autorização de ações que estejam fora das normas e regulamentos.

Alguns tipos de supervisões inseguras são exemplificados a seguir, baseado no trabalho dos autores do Sistema HFACS, Shappell et al. (2000), Wiegmann e Sappell (2003).

**Exemplos de Supervisão Inadequada:** Falha em prover treinamento adequado; falha em prover vigilância ou orientação profissional adequada; falha em prover procedimentos e/ou dados técnicos adequados ou publicações atuais; falha em prover período de descanso adequado; percepção de falta de autoridade; falha em detectar qualificações; falha em monitorar desempenho; falha em prover doutrina operacional; supervisor sobrecarregado ou sem treinamento; perda de consciência situacional da supervisão.

**Exemplos de Planejamento Inapropriado de Operações:** Composição de tripulantes inadequada; falha em prover supervisão adequada; risco superando os

benefícios; falha em prover oportunidade adequada para descanso das tripulações; carga excessiva de trabalho ou de tarefas.

**Exemplos de Falhas em Corrigir um Problema Conhecido:** Falha em corrigir comportamento inapropriado ou em identificar comportamento de risco; falha em corrigir um fator de perigo para a segurança; falha em iniciar ação corretiva; falha em relatar tendências inseguras.

**Exemplos de Falhas em Violações da Supervisão:** Autorização para voo de tripulação que não está qualificada para tal; falha em aplicar normas e regulamentos; violação de procedimentos; autorização de riscos desnecessários; desrespeito intencional pela autoridade por parte dos supervisores; documentação inadequada.

## **2.4 Influências Organizacionais**

Segundo Reason (1990), os acidentes têm seu início nas decisões falíveis dos tomadores de decisão. Estas falhas nas decisões, que são influenciadas por diversos fatores, afetam os níveis de supervisão, bem como as condições e as ações dos operadores. Estes erros de decisão podem passar despercebidos pelos profissionais da área de segurança, caso não haja um sistema que favoreça o surgimento dos mesmos, permanecendo latentes até que outro fator contribuinte os ative.

Wiegmann e Shappell (2003) dividem esta categoria em três classificações, a saber, gerenciamento de recursos, clima organizacional e processo organizacional.

### **2.4.1 GERENCIAMENTO DE RECURSOS**

Referem-se às falhas que partem do processo decisório, quanto ao gerenciamento de recursos da organização, sejam estes, recursos de pessoas, financeiros, de equipamentos ou instalações. Decisões referentes à redução, na aplicação de recursos, em gerências como manutenção, equipamentos, treinamentos, logística e outros, afetam diretamente a segurança. Para que os objetivos de uma organização sejam alcançados, que, no caso da aviação, são a segurança e a produtividade, é necessário que se faça um balanceamento ideal dos recursos.



Caso haja falha no processo decisório que afete um destes dois aspectos, danos podem ocorrer tanto à segurança, através de um acidente, como à produtividade através de demissões, cortes de salários, ou de recursos.

#### 2.4.2 CLIMA ORGANIZACIONAL

Refere-se às falhas de estruturação da organização, políticas mal definidas e cultura mal difundida, mal determinada ou seguindo regras diferentes das oficiais. A estrutura da empresa pode ser observada pelas definições de autoridade, responsabilidade e pela comunicação dos tomadores de decisão com os diversos membros da organização. As políticas dizem respeito às diretrizes e valores da empresa, mas se referem, também, às políticas que não estão escritas, e que fazem parte do cotidiano da mesma. A cultura tem a ver com as regras não oficiais, valores, crenças e costumes de uma organização. Quando este clima organizacional se encontra em desarmonia, promove causas latentes, e, com isso, o desempenho do operador final poderá ser afetado.

#### 2.4.3 PROCESSO ORGANIZACIONAL

Esta categoria se refere às falhas que surgem em função das normas e decisões das atividades operacionais diárias da organização. Erros podem ocorrer quando existem falhas na determinação e no uso dos procedimentos operacionais padronizados e, também, no caso de falhas nos métodos formais para execução da manutenção. Ainda, faz parte das atribuições da organização supervisionar as relações entre os operadores e as gerências, evitando as composições indevidas das tripulações; as pressões dos ritmos operacionais; e as falhas nos sistemas de incentivos, além de outros fatores que afetem a segurança de aviação. Cabe à organização prover um meio de monitoramento dos desvios operacionais, tanto de tripulantes, como de gerências, através de informes anônimos e auditorias de segurança, evitando assim que incidentes se transformem em acidentes catastróficos.

Algumas influências organizacionais são exemplificadas a seguir, conforme trabalho dos autores do Sistema HFACS, Shappell et al. (2000), Wiegmann e Shappell (2003).

**Exemplos de Gerenciamento de Recursos:**

- a) Recursos humanos: seleção; gerenciamento ou alocação de pessoal; treinamento; verificação de experiências.
- b) Gerenciamento monetário ou orçamento: corte de custos excessivos; falta de financiamento.
- c) Recursos de equipamento ou instalações: mau projeto da cabine ou da aeronave; compra de equipamentos inadequados; falha em corrigir defeitos conhecidos de projetos.

**Exemplos de Clima Organizacional:**

- a) Estrutura: cadeia de comando; comunicação; acessibilidade ou visibilidade do supervisor; delegação de autoridade; responsabilidade formal por ações.
- b) Políticas: promoção; contratação, demissão, retenção; drogas e álcool; investigação de acidentes.
- c) Cultura: normas e regras; costumes organizacionais; valores, crenças, atitudes.

**Exemplos de Processo Organizacional:**

- a) Operações: tempo operacional; incentivos; cotas; pressão de tempo; agenda.
- b) Procedimentos: padrões de desempenho; objetivos definidos claramente; instruções sobre procedimentos.
- c) Supervisão: programas de gerenciamento de risco e programas de segurança estabelecidos; monitoramento do gerenciamento e verificação de recursos, clima e processos de modo a garantir um ambiente seguro de trabalho.

A Figura 2, a seguir, proporciona uma visualização de todas as categorias de fatores humanos contidas no sistema HFACS desenvolvido por Shappell e Wiegmann em 2000 e atualizado pelos mesmos autores em 2003.

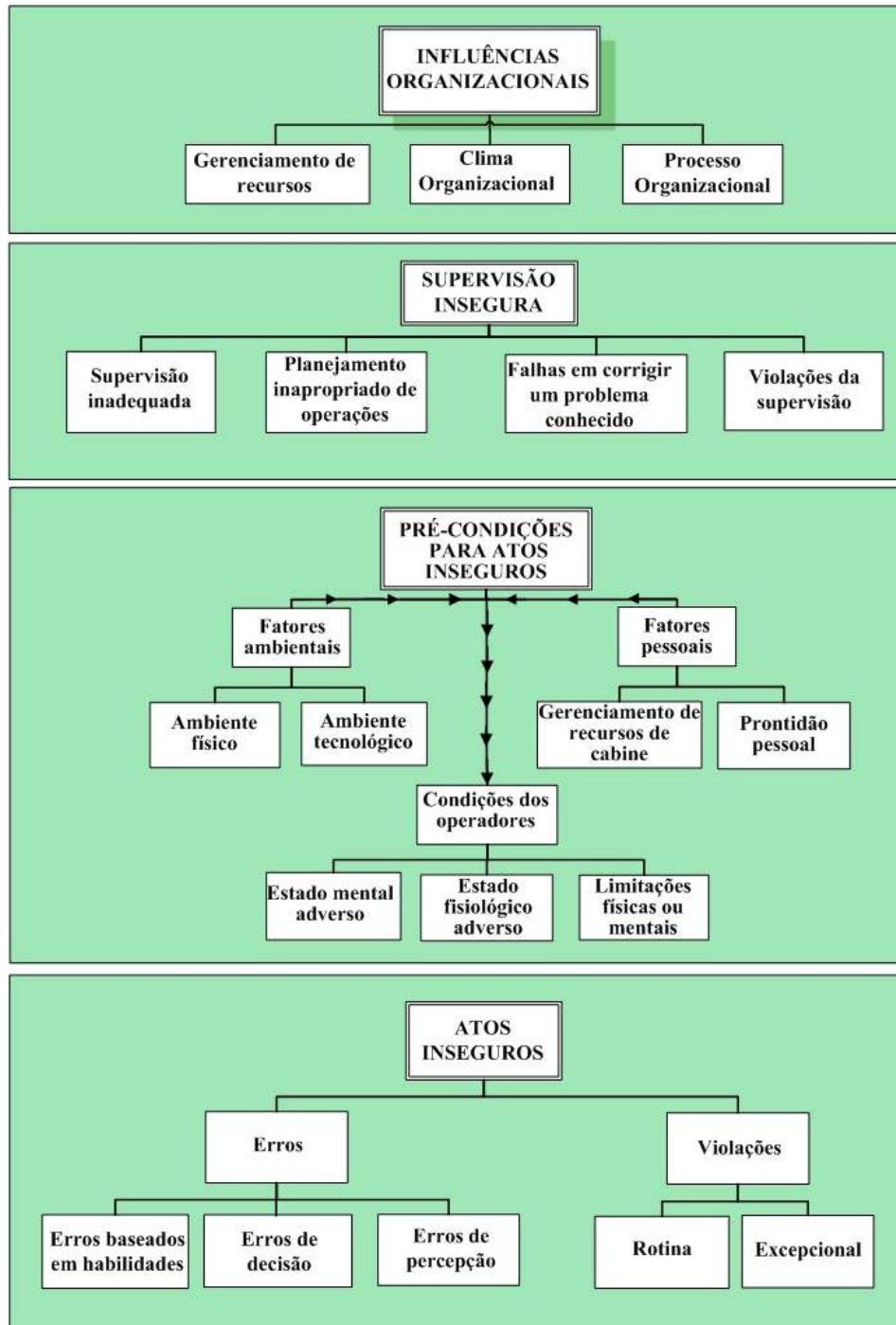


FIGURA 2 - O sistema de classificação e análise de fatores humanos (HFACS).  
Fonte: Adaptado de Wiegmann e Shappell (2003)

### 3 SERA (“SYSTEMATIC ERROR AND RISK ANALYSIS”)

Foi desenvolvida, em 2002, por Keith C. Hendy, uma ferramenta para análise de risco e erro sistemático, denominada “*Systematic Error and Risk Analysis*”. Esta ferramenta foi originalmente concebida, para auxiliar os investigadores em ocorrências aeronáuticas das Forças Canadenses, nos aspectos referentes aos

fatores humanos, ajudando a preencher o sistema utilizado por estes e descrito anteriormente, o HFACS. (HENDY, 2003).

O SERA é baseado em um sistema teórico e, segundo Hendy, sólido, que tem suporte nos modelos da Teoria do Controle Perceptivo (PCT) e do Processamento da Informação (IP). Esta ferramenta é capaz de prover, através de um processo estruturado, a identificação das falhas ativas que ocorreram em um acidente, bem como as pré-condições que levaram os operadores a cometerem estas falhas ativas. A análise com o SERA é feita por meio de um programa que, através de seus diversos passos, simplifica o processo de análise da investigação. Este aplicativo foi escrito em JAVA e está disponível para o uso em plataformas de sistemas operacionais Windows e Macintosh.

Apesar de ter sido criado para ser utilizado em conjunto com o HFACS, o SERA é uma ferramenta de uso independente, tanto como uma ferramenta de investigação, como uma taxonomia para classificação de fatores humanos em acidentes. O SERA oferece também uma ferramenta de gerenciamento de risco, tanto no nível dos operadores quanto no nível dos gerentes, porém, esta característica referente ao programa, não será analisada neste trabalho.

Conforme o modelo de processamento da informação, todos os seres humanos têm capacidade limitada para processar informações e, por causa desta limitação, a carga de trabalho, o desempenho e os erros de produção acontecem em função da pressão do tempo. Sendo assim, os fatores que têm impacto sobre as cargas do trabalho cognitivo dos seres humanos, podem ter seus efeitos reduzidos em função da diminuição da quantidade de informações a serem processadas e do aumento da quantidade de tempo disponível para este processamento. Baseado neste modelo então, se pode observar que, o conhecimento anterior que o ser humano possui, influi diretamente neste processamento.

Conforme o modelo da teoria do controle perceptivo, os seres humanos se comportam como se fossem compostos por várias camadas de sistemas de controle em circuito fechado. Os pontos de partida deste circuito de controle são as percepções que estão ligadas aos objetivos, portanto aquilo que se quer ver, ouvir ou sentir, do estado do mundo. Este estado do mundo é sentido, formando uma percepção do mesmo e, fazendo-se então, uma comparação com o objetivo. Se existe uma perturbação no sistema controlado, existe, portanto, uma diferença, entre a percepção e o estado desejado. A partir desta diferença, uma determinada ação é,

então, formulada. Esta ação faz uma mudança no estado do mundo e tem-se, então, uma nova percepção. O modelo da teoria do controle perceptivo tem sua base, portanto, em objetivos, atenção, conhecimento e “*feedback*”. Uma ilustração deste modelo pode ser vista na Figura 3.

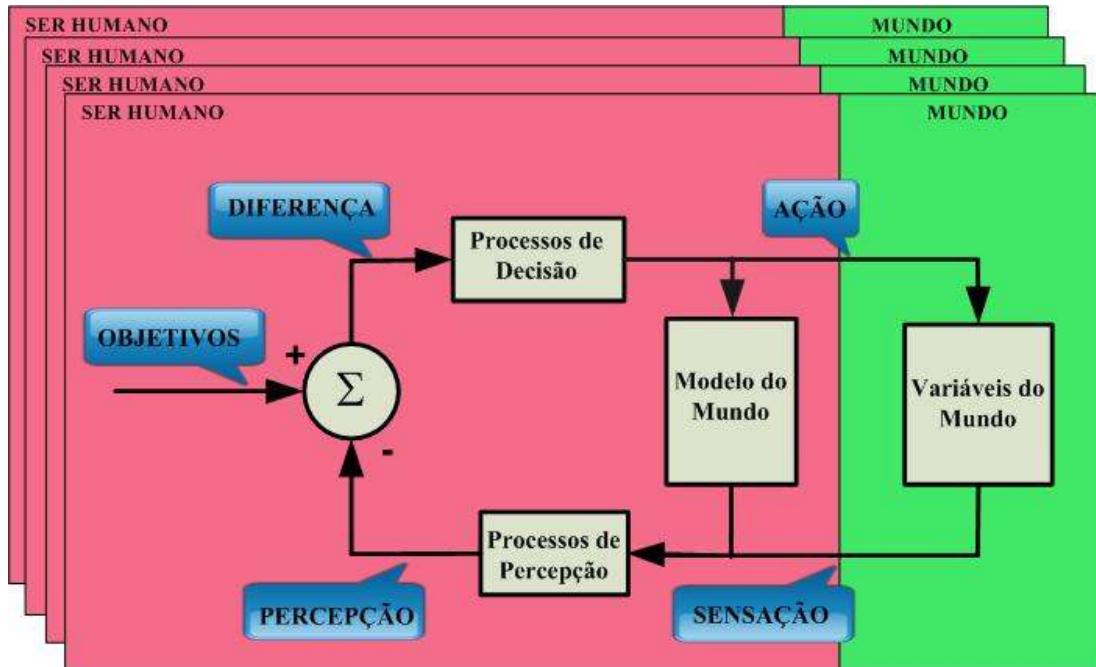


FIGURA 3 - Modelo de Operador em Circuito de Controle Fechado com Diversos Níveis  
Fonte: Adaptado de Hendy (2003)

### 3.1 O modelo combinado IP/PCT

O modelo IP atua onde existe a transformação de dados ou ações no processamento de informações. Isto ocorre nos processos de percepção, de decisão e nos modelos de processos do mundo interno. Pode-se então, dizer, que, na combinação dos modelos de IP e PCT, a tomada de decisão do ser humano depende da gestão do tempo, do conhecimento e dos recursos de atenção (HENDY E LICHACZ, 1999 APUD HENDY, 2003).

Os principais pontos do modelo combinado de processamento da informação/teoria do controle perceptivo podem ser resumidos em seis aspectos, a saber:

- A pressão do tempo, em que, os fatores de produção de erro, nível de desempenho e percepção de carga de trabalho são dependentes da pressão do tempo percebida.

- Equilíbrio entre rapidez e precisão no processamento de informações dos seres humanos; é comumente chamado de tomada de decisão.

- Redução da pressão do tempo. Isto se pode fazer por meio de tomadas de decisão onde existam menos informações a serem processadas ou por extensão do tempo antes da resposta dada.

- No gerenciamento de erro, os sistemas de correção de erros são feitos por meio de “*feedback*”.

- Gerenciamento de recurso, onde, as tomadas de decisão são baseadas no conhecimento do mundo. Este conhecimento é obtido por meio da compreensão e para obter a compreensão é necessário um determinado intervalo de tempo.

- Ignorância não é felicidade, com relação a este aspecto pode-se dizer que, diversos acidentes podem ser causados por falta de conhecimento.

### **3.2 SERA como uma ferramenta para classificação e investigação de acidentes**

O SERA é uma ferramenta que define um processo, ordenado, baseado em uma construção teórica do modelo combinado de IP/PCT, para fazer análise da origem do padrão de comportamento que levou diretamente a um acidente ou incidente, no que diz respeito ao aspecto do fator humano.

Em todo acidente ou incidente, existe um momento em que há um desvio da operação segura. Um ato ou uma condição insegura que tenha a possibilidade de ser removida da trajetória do acidente, neste ponto da operação segura, pode evitar que o acidente ocorra. Diversos podem ser os atos ou condições inseguras que permeiam esta trajetória, porém, o mais crítico é aquele que leva diretamente à trajetória do acidente. Existem opções até que este ato ou condição crítica se consolide, porém uma vez que a decisão crítica foi tomada, o acidente se torna irreversível, a isto se chama, então, o ponto de irreversibilidade do acidente. Uma ilustração da trajetória de um acidente pode ser vista na Figura 4.

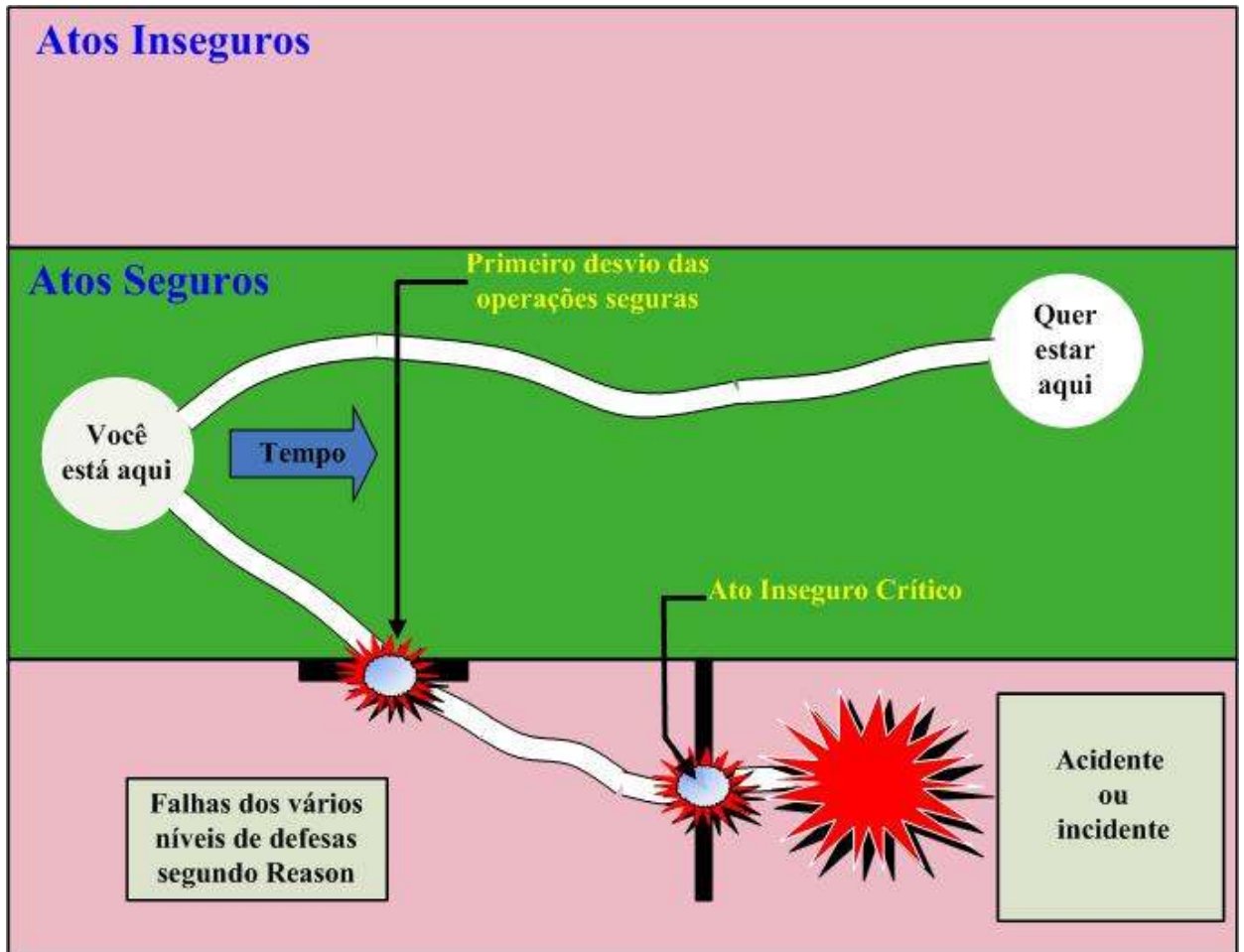


FIGURA 4 - Trajetórias segura e de acidentes ou incidentes.  
 Fonte: Adaptado de Hendy (2003)

O SERA conduz o investigador na análise de um comportamento humano particular, para fazer a avaliação da atitude que desencadeou o acidente, a partir de três perguntas, sobre o objetivo, a percepção e a ação do operador, onde, a partir destas questões, é possível traçar uma cadeia causal de um ato inseguro para os pontos de falhas ativas. As três perguntas são:

- a) O que o operador estava tentando realizar? Qual era a sua intenção?
- b) O que o operador acreditou que era o estado do mundo no que dizia respeito aos objetivos?
- c) Como o operador estava tentando alcançar os objetivos? Qual era o plano?

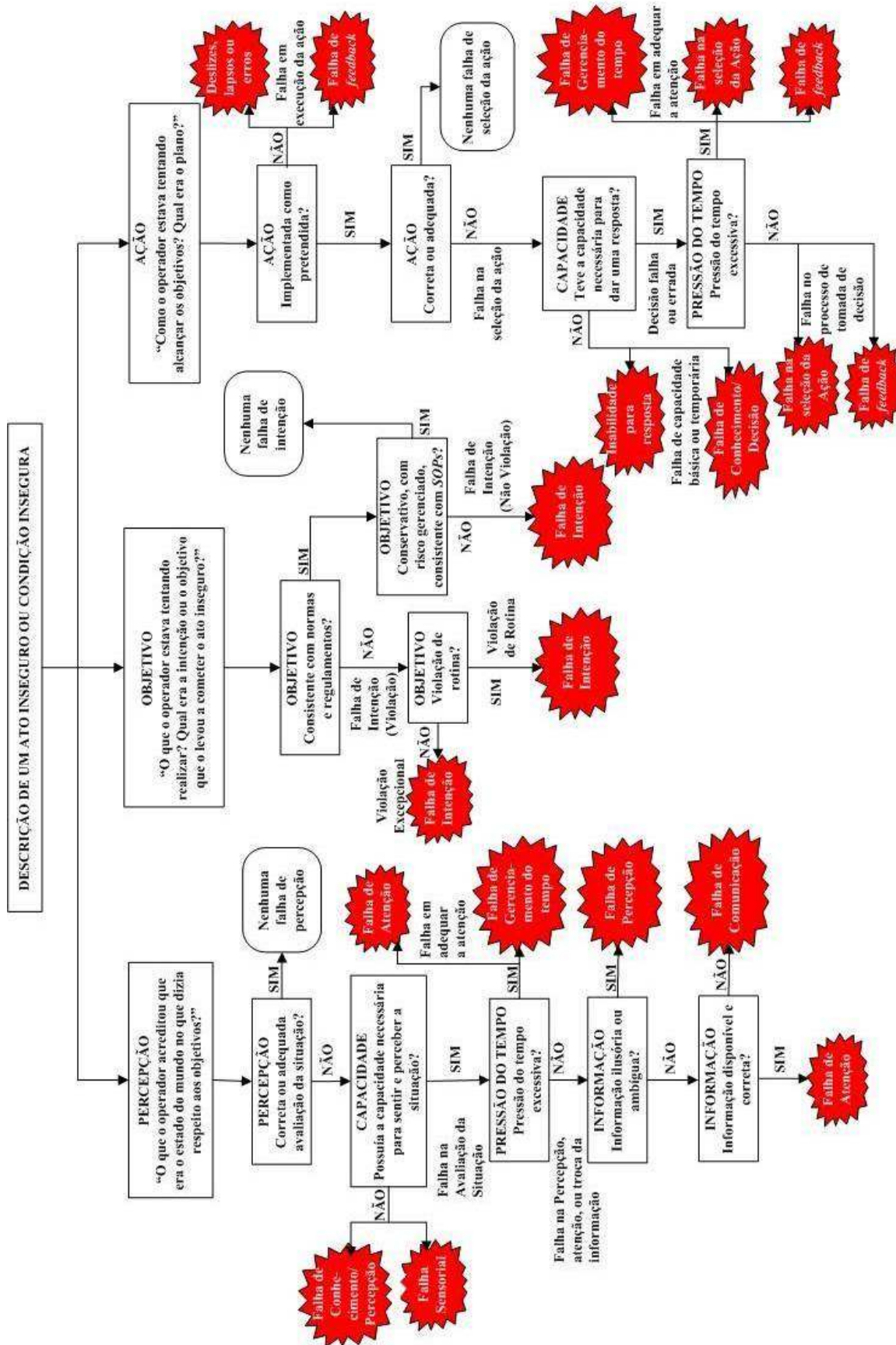


FIGURA 5 - Degraus de decisão do SERA. Fonte: Adaptado de Hendy (2003)



Os pontos de falhas ativas podem ser encontrados nos processos de estabelecimento dos objetivos, na percepção ou na seleção e execução da ação. Estes pontos de falhas podem ser encontrados em um destes ou em mais de um destes processos. A pressão do tempo e o estado do conhecimento ao qual o operador estava exposto, no momento da tomada de decisão, englobam o domínio, dentro do qual as falhas ativas ocorrem.

Estas três questões são o início de uma série de degraus de decisões, e que, terminam com doze tipos básicos de falhas ativas, bem como as pré-condições correspondentes às falhas, formando então, o processo completo no sistema de processamento de informação do ser humano. A Figura 5 ilustra o processo acima descrito.

### **3.2 falhas ativas / condição ou ato inseguro**

As doze falhas ativas geradas pelos degraus de decisão no sistema de processamento de informação do ser humano podem ser enumeradas como se segue:

- 1) Falhas de intenção;
- 2) Falhas de atenção;
- 3) Falha sensorial;
- 4) Falha de conhecimento;
- 5) Falha de percepção;
- 6) Falha de comunicação ou de informação;
- 7) Falha no gerenciamento do tempo;
- 8) Falha de conhecimento durante a decisão;
- 9) Falha na habilidade para resposta;
- 10) Falha na seleção da ação;
- 11) Deslizes, lapsos ou erros e
- 12) Falhas de realimentação (“*Feedback*”).

### **3.3 Pré-Condições para falhas ativas**

O modelo de Reason (1990), descrito no capítulo anterior, aponta para dois focos principais como sendo contribuições humanas para a quebra de um sistema

produtivo, as falhas ativas e as falhas latentes que deram origem a estas falhas ativas. No SERA, os quatro níveis do modelo de Reason são expressos conforme a Figura 6.

No primeiro nível, as **falhas ativas** são as classificações, em doze pontos, de quebra no sistema de processamento de informação do ser humano e correspondem ao primeiro nível, de cima para baixo, na Figura 6.

No segundo nível, as **pré-condições** são os fatores que estão direta e imediatamente conectados ao ato ou condição insegura. Estas podem ser definidas como a condição do pessoal envolvido no ato inseguro; a condição da tarefa tanto no que se refere às pressões do tempo quanto aos objetivos; e às condições do trabalho no que se refere aos equipamentos, espaço de trabalho e ambiente.

No terceiro nível, as falhas de **comando, controle e supervisão** são definidas em termos do estabelecimento de objetivos estratégicos, das comunicações destes objetivos, e das provisões em corrigir erros a partir dos “*feedbacks*”.

No quarto nível, as **influências organizacionais** são os fatores remotos que estabelecem os objetivos das atividades a serem desempenhadas, controlam os recursos, definem o clima dentro do qual as atividades são desempenhadas, estabelecem restrições que delimitam o comportamento através de procedimentos, normas e regulamentos e proveem a supervisão dos mesmos.

A estrutura que descreve os três níveis de falhas latentes e o nível de falha ativa, conforme o SERA pode ser visto na Figura 6. A estrutura mantém os níveis básicos do HFACS, porém ela difere nos detalhes. Dentro deste sistema, a atividade do operador pode ser rastreada até os objetivos estratégicos, pode ser moldada pelas restrições organizacionais que fluem da missão, através dos processos de comando, controle e supervisão, e emerge como objetivos da tarefa.

Esta estrutura é consistente com a teoria do controle perceptivo, na qual todos os sistemas humanos são sistemas motivados por objetivos premeditados. As influências organizacionais determinam os fatores que restringem estes sistemas, e,

são estas, as influências que moldam os objetivos que são, por isso, na realidade, mantidos diferentes daqueles que deveriam ser perseguidos, para a conquista dos objetivos da missão. Em um sistema saudável e efetivo, estes objetivos seriam idênticos.

O SERA pretende ser um sistema que seja suficiente para capturar a maioria das falhas em fatores humanos e todos os pontos de intervenção razoáveis. O nível de falhas ativas é diretamente rastreável pelo modelo combinado de IP/PCT neste sistema, e as pré-condições imediatas do SERA incluem as condições fundamentais de no mínimo três dos quatro fatores do modelo SHEL de Edwards adaptado por Hawkins (1984). No que se refere ao SERA, estes fatores são: o “*Hardware*”, recursos físicos como construções, equipamentos, veículos e materiais; “*Environment*”, o ambiente social e físico; o clima econômico e o político fazem parte do nível organizacional do SERA; e, finalmente, o “*Liveware*”, os recursos humanos. O quarto fator, o “*Software*”, que representa as normas, regulamentos, leis, ordens, SOPs, costumes, práticas e hábitos, está contido no nível organizacional do SERA.

Em uma posição remota em relação ao pessoal envolvido com as falhas ativas, estão as pessoas dentro da organização que estabelecem os objetivos na instrução da missão; provê, desenvolve e dá suporte na forma de recursos para a execução da missão; estabelece procedimentos e práticas para a realização de atividades relacionadas com a missão, dentro das limitações de ambos os sistemas de autoridade, impostos por meio de normas e regulamentos, tanto internamente como externamente; e cria um clima que molda as atitudes de todos aqueles que servem à organização. Esta deve também, monitorar a si mesma para se assegurar que a missão está sendo realizada a contento. Este princípio captura a função primordial da organização, neste nível.

Os processos de comando, controle e supervisão conectam dois níveis, as influências organizacionais e as pré-condições para atos inseguros, por meio de um fluxo bidirecional de informações que pode ser para baixo, através do comando e para cima, através de monitoramento e supervisão.

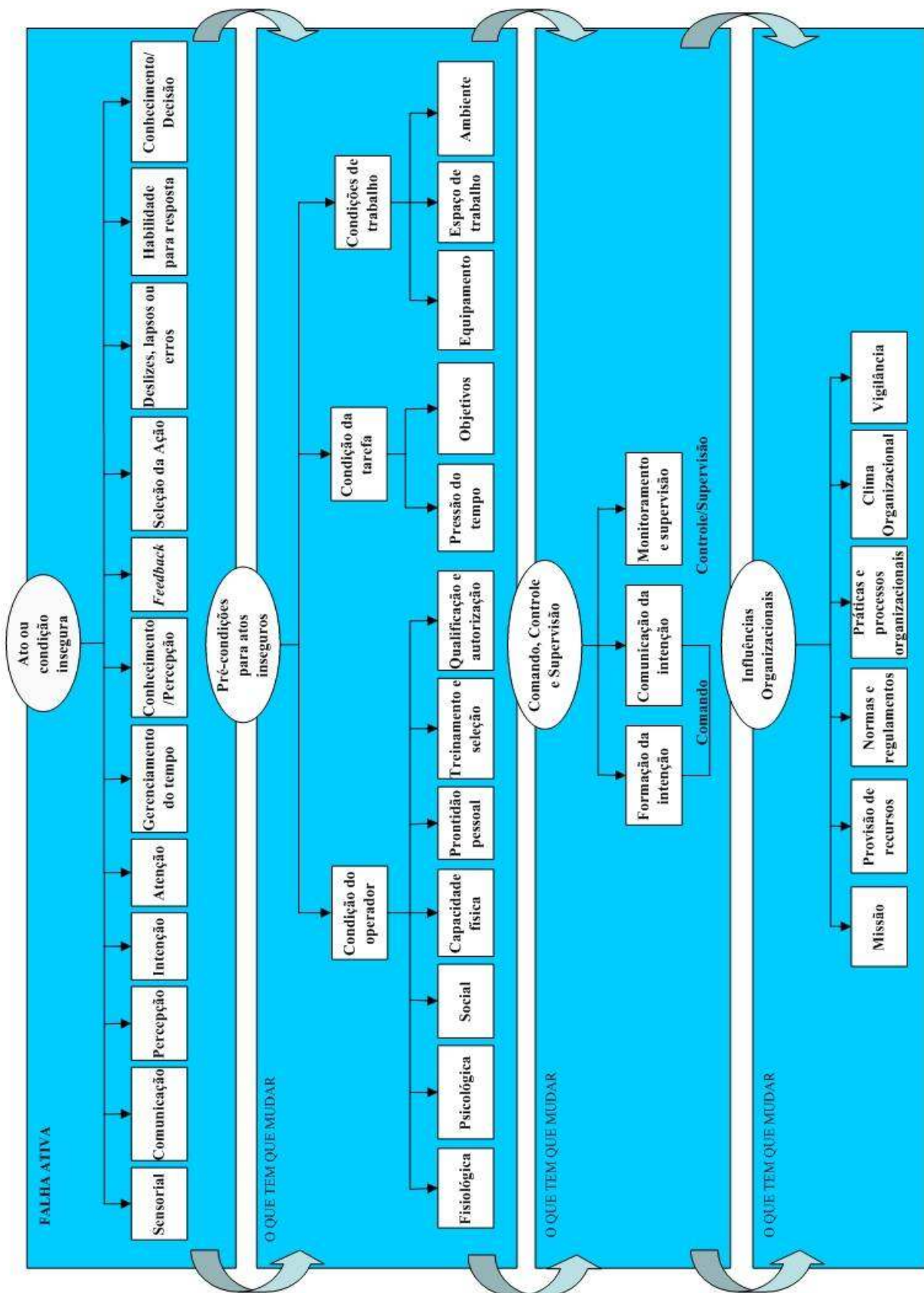


FIGURA 6 - Falhas Ativas e Três Níveis de Pré-Condições  
 Fonte: Adaptado de Hendy (2003)

### **3.3 O nível de falhas nas pré-condições para os atos inseguros**

#### **3.3.1 CONDIÇÃO DO OPERADOR**

A condição dos operadores pode ser descrita por sete estados que descrevem as condições dos indivíduos, tanto em seu trabalho individual como em seu trabalho em equipe. Estes estados são classificados como: fisiológico, psicológico, social, capacidade física, prontidão pessoal, treinamento e seleção e qualificação e autorização. Juntas, estas condições afetam todos os componentes do modelo combinado de IP/PCT e, impactam, portanto, os tomadores de decisão.

#### **3.3.2 CONDIÇÃO DA TAREFA**

A condição da tarefa é descrita por dois fatores, a saber, a pressão do tempo e os objetivos. Estas condições em conjunto, determinam os dois fatores do modelo IP, isto é, a pressão do tempo sob a qual o pessoal está submetido e a quantidade de incerteza que há para ser resolvida. Os objetivos também definem a natureza da tarefa e estabelecem o direcionamento da missão e, portanto, o gerenciamento de riscos.

#### **3.3.3 CONDIÇÕES DE TRABALHO**

As condições de trabalho consideram todos os aspectos do ambiente físico em que o trabalho é desempenhado, incluindo a interface do operador, a acomodação física do espaço de trabalho e os fatores ambientais como temperatura, ruído, vibração, atmosfera e o tempo. As condições de trabalho são analisadas em termos de equipamentos, espaço de trabalho e ambiente.

### **3.4 O nível de falhas no comando, controle e supervisão**

Os conceitos de comando, controle e supervisão, itens estes que são usados no SERA, derivam do modelo de PCT. Estes itens são essencialmente dirigidos aos objetivos das atividades humanas e, como tais, podem ser representados pelo circuito fechado de controle da percepção, demonstrado na Figura 3. Se estes forem estruturados conforme o PCT, pode-se observar, então, que o nível de comando envolve a formação e a comunicação da intenção do comandante, ao passo que, o nível de controle lida com os aspectos envolvidos no risco e por inferência, no

gerenciamento. Portanto, em um processo de comando e controle há necessidade de dar suporte às atividades, de cima para baixo e de baixo para cima.

A função comando caracteriza-se como um processo que estabelece objetivos, formando a intenção. E, a saída deste processo é caracterizada pela comunicação da intenção.

A função controle caracteriza-se como sendo o processo de monitoramento e supervisão.

O processo de supervisão faz parte do processo de comando e controle se, em uma organização, este processo é abrangente e dá suporte em formar e comunicar as intenções dos mais altos níveis da organização para os níveis mais baixos, até que estas intenções cheguem aos operadores, que são aqueles que realmente desempenham as atividades da missão. Portanto, um supervisor executa as atividades associadas ao processo de controle e comando, porém em um nível apropriado ao de supervisão e não no papel de comando. Para completar este processo de comando, controle e supervisão, aqueles que estão sendo comandados ou supervisionados necessitam perceber e aceitar corretamente a intenção do comandante ou supervisor, a forma adequada dos objetivos e a realização das atividades que visam satisfazê-los.

O desempenho completo do processo de comando, controle e supervisão, pode ser avaliado por meio de medidas de adequação da intenção formada, no que diz respeito à conquista dos objetivos; por quão bem a intenção é comunicada e, conseqüentemente, quão corretamente a maneira como esta intenção é percebida pelos envolvidos; e por quão bem são detectadas e corrigidas, através de monitoramento e supervisão, as ações mal elaboradas e perturbações, as quais podem conduzir as variáveis do mundo para longe dos estados desejados. O monitoramento inclui as ações que são deliberadamente contrárias à intenção comunicada.

Homens ou máquinas podem ser comandados ou supervisionados. Os processos discutidos acima permanecem os mesmos, embora seja possível dizer que a máquina tenha um conjunto de pontos de operação ao invés de um objetivo, já que esta é uma função essencialmente humana, e a máquina não pode, sozinha e dinamicamente, determinar os valores deste conjunto de pontos; porém, o ser humano pode determiná-los dinamicamente quando forma a intenção. De uma maneira geral, as máquinas meramente respondem às novas instruções do ser

humano. Até o dia do surgimento de uma máquina com inteligência real, estas ainda continuam refletindo a intenção do ser humano, ao invés de formularem suas próprias intenções.

Em resumo, no SERA, o comando, controle e supervisão são descritos pelos seguintes fatores: a) Formação de intenção; b) Comunicação da intenção; c) Monitoramento e supervisão.

### 3.5 Falhas Organizacionais

As falhas organizacionais fazem parte do nível mais alto do Modelo de Reason (1980). Estas afetam potencialmente as condições do pessoal, da tarefa e das condições de trabalho, e estão ligados às pré-condições por todo o processo de comando, controle e supervisão. Seis influências organizacionais foram identificadas, a saber:

- a) A missão. A esta se refere a quê a organização pretende atingir;
- b) Provisão de recursos. Referem-se ao quê a organização utiliza para atingir a sua missão;
- c) Normas e regulamentos. Faz referência às restrições sobre o processo que a organização utiliza para alcançar a missão;
- d) Processos e práticas organizacionais se referem à forma como a organização deve fazer para realizar a missão;
- e) Clima organizacional. Este estabelece as atitudes que afetam a maneira como as pessoas na organização percebem a missão, o que eles realmente fazem e como eles realmente agem para alcançá-la;
- f) Vigilância. Fornece o “*feedback*” para que os gerentes possam formar uma percepção da saúde organizacional, certificando-se assim se a organização está bem para que esta possa realizar a sua missão. O “*feedback*” é o estímulo para mudanças na organização.

Estes processos são mapeados em um circuito fechado dentro do processo da organização. Se a organização se prepara para os desafios de uma mudança no ambiente do mundo, este circuito tem que se adaptar. Em outras palavras, a missão, a provisão de recursos, normas e regulamentos, clima e processos organizacionais, todos estes podem ter que se adaptar às mudanças de circunstâncias. A vigilância fecha o circuito e provê o “*feedback*” de correção de erros que direciona este processo adaptativo. Sem vigilância e um processo de gerenciamento de mudança,

a organização se tornará estática e imutável. A saúde da organização é percebida por aqueles, no gerenciamento, que são alimentados pelos dados de “*feedback*”, através do processo de vigilância.

### **3.6 As ligações entre as pré-condições e as falhas ativas**

Com a subdivisão hierárquica na estrutura apresentada na Figura 6, que mostra o nível de falhas ativas e os três níveis de pré-condições para as falhas ativas, é possível fazer uma ligação de cada falha ativa com um grupo das mais prováveis pré-condições que levam a estas falhas. As pré-condições marcam os pontos de intervenção para o sistema de segurança. Estas intervenções têm o intuito de prevenir a ocorrência destas mesmas falhas ativas em situações semelhantes àquelas que já foram observadas.

As falhas ativas representam o que já aconteceu em um acidente ou incidente, porém, é possível rastreá-las até as limitações fundamentais dos sistemas, de processamento da informação, de resposta ou sensorial do ser humano. Estas falhas não podem ser evitadas com facilidade, pois fazem parte das capacidades e limitações humanas. Há relativamente pouca coisa que se possa instruir a uma pessoa, em termos de atenção e vigilância, quando esta vai executar uma tarefa que seja baseada em grandes períodos de atenção. Faz-se necessário, então, mudar a natureza da tarefa, evitando assim, as pré-condições que constroem o cenário para uma tarefa baseada em atenção sustentada por longos períodos.

Pode-se dar como exemplo de mudança da natureza da tarefa, o aumento do número de eventos, ou, ainda, prover outros estímulos para aumentar os níveis de ativação e reduzir os níveis de distração ou sonolência.

Tanto as pré-condições imediatas quanto às remotas, são uma representação do “porquê” as falhas ativas ocorrerem. Estas pré-condições observadas definem direta ou indiretamente, a condição do pessoal, a tarefa e o ambiente de trabalho. É, pois, com o objetivo de prevenção de reincidência, que são feitas as mudanças na organização.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, o processo de “*feedback*”, ou realimentação, que são produzidos através de monitoramento, supervisão e também de vigilância, ocupa um lugar de destaque. Melhoras nos processos de “*feedforward*”, ou de antecipação, deveriam reduzir o número de falhas ativas.



TABELA 1 - Ligações entre as Falhas Ativas e as Pré-condições Inseguras

		FALHAS												
		Deslizes, lapsos ou erros	Feedback	Seleção da Ação	Resposta	Conhecimento	Decisão - Intenção	Não - Violação	Intenção - Violação	Gerenciamento do Tempo	Comunicação	Atenção	Percepção	Conhecimento/Percenagem
PESSOAL	Fisiológico													
	Psicológico													
	Social													
	Capacidade Física													
	Prontidão Pessoal													
	Treinamento e Seleção													
	Qualificação e Autorização													
TAREFA	Pressão do Tempo													
	Objetivos													
CONDIÇÕES DE TRABALHO	Equipamento													
	Espaço de Trabalho													
	Ambiente													
COMANDO CONTROLE e SUPERVISÃO	Formação da Intenção													
	Comunicação da Intenção													
	Monitoramento e Supervisão													
ORGANIZAÇÃO	Missão													
	Provisão de Recursos													
	Normas e Regulamentos													
	Processos Organizacionais e práticas													
	Clima Organizacional													
	Vigilância													

Porém, à medida que a incerteza é introduzida ou, à medida que a perturbação externa age no sistema, a atuação de prevenção na correção de erros é feita, basicamente, por meio de “*feedback*”.

O circuito aberto de comportamento, sem “*feedback*”, somente funciona se tudo está certo, conhecido e imutável e quando as influências externas não existem, o que seria verdadeiro em um sistema fechado. Poucos sistemas fechados existem hoje em dia dentro do complexo ambiente sócio-tecnológico no qual vivemos.

A Tabela 1 mostra as ligações entre as falhas ativas e as pré-condições que levam a estas falhas ativas. Nesta tabela, Hendy (2003) classifica as falhas ativas em treze, pois, para fazer a ligação com as pré-condições, Hendy separou a falha ativa classificada como intenção em duas, a saber: intenção a partir de uma violação e intenção sem violação.

#### **4 A PONTE ENTRE O SERA E O HFACS**

O SERA provê um sistema de classificação de acidentes e incidentes, bem como um processo que permite identificar os pontos de falhas ativas, fazendo o “*link*” entre estas e as pré-condições que levaram os operadores a cometerem estas falhas. Além de o SERA prover uma taxonomia compreensiva e exaustiva de fatores humanos em acidentes, ele permite também que as suas categorias sejam associadas às categorias similares e equivalentes que fazem parte do esquema de classificação modificado do HFACS, uma vez que este tem sido adotado pela Diretoria de Segurança de Aviação das Forças Canadenses.

O SERA é baseado em um modelo teórico de processamento de informação do ser humano. O HFACS é construído basicamente sobre um modelo descritivo. O modelo para análise de falhas latentes de Reason provê a estrutura básica para o seu sistema, assim como é feito no SERA. Shappell e Wiegmann, criadores do HFACS rejeitam o uso de “teorias esotéricas” e com pouca ou nenhuma aplicabilidade prática em favor de uma abordagem pragmática e empírica. No entanto, os modelos empíricos podem ter seus sistemas de classificações incompletos, como resultado das restrições das áreas, a partir das quais, os seus bancos de dados foram alimentados. Ou ainda, estes modelos carregam a redundância e a superposição entre as diversas palavras-chaves pela ausência de um sistema teórico global.

TABELA 2 - Comparação entre as Taxonomias de Classificação de Acidentes entre HFACS e SERA

HFACS	SERA
<b>FALHAS ATIVAS</b>	
<b>ERROS</b>	<b>FALHAS ATIVAS</b>
Erros de decisão Erros baseados em habilidades Erros de percepção	Seleção da ação Deslizes, lapsos e erros Percepção Atenção Conhecimento/percepção Intenção (não-violação) Gerenciamento do tempo "Feedback" Sensorial Resposta Comunicação Conhecimento/decisão
<b>VIOLAÇÕES</b>	<b>VIOLAÇÕES</b>
Excepcional Rotina	Intenção (violação excepcional) Intenção (violação de rotina)
<b>PRÉ-CONDIÇÕES</b>	
<b>CONDIÇÕES DOS OPERADORES</b>	<b>CONDIÇÕES DOS OPERADORES</b>
Estado mental adverso Estado fisiológico adverso Limitações físicas/mentais	Psicológico Fisiológico Capacidade física
<b>PRÁTICAS DOS OPERADORES</b>	<b>CONDIÇÕES DOS OPERADORES</b>
CRM – Gerenciamento de recursos da tripulação Prontidão pessoal	Social  Prontidão pessoal Treinamento e seleção Qualificação e autorização
	<b>CONDIÇÕES DO TRABALHO</b>
	Equipamento Local de trabalho Ambiente
	<b>CONDIÇÕES DA TAREFA</b>
	Pressão de tempo Objetivos
<b>SUPERVISÃO</b>	
Supervisão inadequada Planejamento inapropriado de operações Falhas em corrigir um problema conhecido Violações da supervisão	Monitoramento e "feedback" Formação da intenção Comunicação da intenção
<b>INFLUÊNCIAS ORGANIZACIONAIS</b>	
Gerenciamento de recursos Clima organizacional Processo organizacional	Provisão de recursos Clima organizacional Processo organizacional Missão Normas e regulamentos Vigilância

Além de o SERA ser utilizado como uma ferramenta para investigação de acidentes e incidentes, também provê uma taxonomia individual abrangente do erro humano. Com o intuito de ilustrar as diferenças na classificação entre os dois modelos, o SERA e o HFACS, é feita uma breve comparação entre estes modelos na Tabela 2, conforme Hendy (2003), onde tais diferenças podem ser observadas nos quatro níveis de falhas ativas e falhas latentes, descritos por Reason (1990), Shappell et al. (2000) e Hendy (2003). Pode-se observar desta tabela que o SERA fornece uma classificação mais abrangente que o HFACS no nível das falhas ativas, no nível das pré-condições inseguras e também no nível das influências organizacionais.

O SERA pode ser usado como uma ferramenta de investigação, atuando como uma interface para outros sistemas de classificação, como o HFACS, por exemplo. Pode ser essencialmente útil como uma interface inicial para a entrada de dados no HFACS. Os degraus de decisão do SERA orientam o processo de investigação, incluindo o processo de entrevista para os pontos de falhas ativas através de uma série de perguntas de senso comum, como por exemplo:

- “O que o operador acreditou que estava acontecendo?”
- “A avaliação estava correta ou adequada?”
- “O operador teve a capacidade de sentir ou de perceber a situação?”
- “A pressão do tempo foi excessiva?”

## 5 CONCLUSÃO

Observa-se atualmente, que as principais causas de um acidente aeronáutico, são atribuíveis aos erros humanos, que existe a necessidade de um sistema que permita o estudo destes erros tornando-os, assim, previsíveis e, portanto, sujeitos ao estabelecimento de barreiras que evitem futuras ocorrências.

Constata-se que a tendência atual no estudo destes erros, no que se refere às operações ligadas ao “*Part 121*”, é a abordagem organizacional, visto que, historicamente, é possível perceber a influência de decisões organizacionais e gerenciais nas atitudes que envolvem o operador em qualquer sistema complexo produtivo, como é o caso da aviação de transporte de massa.

Observe-se que o programa SERA provê um processo estruturado para a identificação de erros sistemáticos, tanto nas suas falhas ativas, quanto nas pré-condições, ou, as causas latentes, que levaram a estas falhas. A aplicação do programa se dá através de perguntas simples e respostas diretas. O SERA possui sua própria taxonomia para classificação de erros em acidentes aeronáuticos,

podendo então, ser aplicado, independentemente do HFACS. Contudo, o SERA pode ser utilizado, ainda, como uma interface capaz de gerar resultados baseados na taxonomia do HFACS, uma vez que, originalmente, foi desenvolvido para ajudar a preencher este sistema. Constata-se ainda que o SERA provê um número maior de itens de classificações que o HFACS.

Os dois sistemas, o SERA e o HFACS podem ser utilizados tanto durante o curso das investigações, como após este processo, ou ainda, a partir de relatórios já concluídos. Na segunda alternativa, os dois sistemas podem ser de extrema utilidade ao permitir a criação de um banco de dados que apresente classificações homogêneas em acidentes aeronáuticos. Como em qualquer programa que objetive auxiliar as investigações, o resultado do relatório destes sistemas será mais preciso se for possível entrevistar as pessoas envolvidas nos incidentes ou acidentes. Ainda, como em toda investigação, este resultado dependerá, e este é um fator crucial, da colaboração dos entrevistados e da confiabilidade das respostas colhidas pelos entrevistadores ao longo de toda a cadeia organizacional. Ressalta-se, no entanto, que o HFACS trata de uma metodologia de investigação e não de um programa e que o aplicativo SERA não faz uma verificação cruzada de possíveis incompatibilidades introduzidas pelo analista. Porém, se o mesmo optar por um caminho inadequado, o sistema o levará a responder determinadas questões que não são compatíveis com as evidências levantadas pela investigação do acidente.

O ponto de partida para a aplicação do SERA é a definição do sistema a ser analisado. Este sistema será definido conforme o acidente e as organizações envolvidas. O próximo passo então é a definição do ato ou condição insegura, este passo é comum em todo processo de investigação e não é um passo específico do SERA.

Embora, historicamente, a natureza do erro humano tenha sido alvo de estudos, principalmente por parte dos psicólogos, o processo de investigação em fatores humanos é multidisciplinar, envolvendo equipes de profissionais de diversas áreas, tais como: psicólogos, engenheiros, aviadores e médicos. A arquitetura do SERA utiliza uma linguagem simples e estruturada, facilitando com isto, o trabalho do investigador em fatores humanos, não requerendo que este seja um autêntico especialista na área.

Fator humano não é uma ciência exata, podendo ser interpretado de maneiras

diferentes por organismos diversos. É possível que surjam, durante as investigações, divergências nas análises, dependendo do observador e das condições políticas e econômicas que envolvem o acidente. Neste aspecto, as perguntas diretas do programa SERA permitem ao processo da investigação uma avaliação, a mais impessoal possível, da ocorrência. A partir de classificações estruturadas é possível prever, dentro do sistema da aviação, e mais precisamente, dentro das organizações, as principais falhas, sejam elas, dos operadores, gerenciais ou organizacionais tornando com isso possível a criação de barreiras de proteção contra estas falhas. Porém, estas barreiras, que são dispositivos de segurança, são contra a maioria das falhas previsíveis, tanto as mecânicas, quanto às humanas. No entanto, falhas podem acontecer em situações novas, e estas falhas podem ser devidas tanto ao aumento da complexidade das aeronaves quanto às reações humanas perante estas situações. Assim sendo, estes novos erros são aprendidos após um evento onde é possível a ocorrência de perdas materiais ou de vidas.

Muitas das falhas encontradas em um sistema produtivo complexo são geradas dentro do contexto organizacional ou gerencial e podem permanecer latentes por muito tempo. Nestes níveis, as decisões tomadas são dependentes de diversos fatores sobre os quais os estudos de erro humano têm pouca eficiência. Estas condições latentes são, normalmente, imprevisíveis e são ainda mais improváveis as previsões de suas conjunções com os gatilhos que levam às falhas ativas. Sendo assim é, de maneira geral, muito difícil definir onde e como colocar as defesas contra estes possíveis erros.

Estas decisões ou atitudes, tomadas nos níveis organizacionais e gerenciais, são aquelas que irão influenciar diretamente as decisões que desencadearão as falhas ativas dos tripulantes. E estes, finalmente, são os que estarão em condições onde haverá muito pouco tempo para a percepção e correção das decisões erradas.

Muito já foi feito até hoje, com respeito ao estudo do erro humano, na tentativa de redução dos índices de acidentes sob esta ótica, porém estes índices ainda se mantêm muito elevados. O caminho para a classificação e redução dos chamados “erros humanos” ainda é muito longo, e longa também é a distância a percorrer para que se tenha um sistema que englobe todos, ou talvez, a maioria dos aspectos destes erros. Neste sentido o HFACS e o SERA são passos que podem auxiliar nesta jornada.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil** (RBAC 121). Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/transparencia/pdf/RBAC%20121.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2011

ESTADOS UNIDOS. Federal Aviation Administration. **Risk management handbook**. (FAA-H-8083-2). Washington, DC, 2009..

\_\_\_\_\_. **PART 121: Operating Requirements: domestic, flag, and supplemental operations**. Washington, DC, 2011.

HAWKINS, F.H., Human factors education in european air transport operations. In: **Breakdown in human adaptation to stress** (v.1, for the Commission of the European Communities). Netherlands: Martinus Nijhoff, 1984.

HENDY, K.C. **A tool for human factors accident investigation, classification and risk management** (TR 2002-057). Toronto, Canada: DRDC, 2003..

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Human factors digest n. 7: Investigation of human factors in accidents and incidents** (Cir 240AN/144). Montreal: ICAO, 1993.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD (Estados Unidos). **U.S. air carrier operations, calendar year 2006**. Annual review of aircraft accident data (Report Number NTSB/ARC-10/01). Washington, DC, 2010..

REASON, J. **Human error**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

\_\_\_\_\_. **Managing the risks of organizational accidents**. Aldershot: Ashgate, 1997.

\_\_\_\_\_. **The human contribution**. Aldershot: Ashgate, 2008.

SHAPPELL, S. A.; WIEGMANN, D. A. **The human factors analysis and classification system (HFACS)** (DOT/FAA/AM-00/7). Washington, DC: FAA, 2000.

WIEGMANN, D. A.; SHAPPELL, S. A. **A human error approach to aviation accident analysis**. Aldershot: Ashgate, 2003.

## SERA AND HFACS: TWO SYSTEMS FOR HUMAN ERROR ANALYSIS AND CLASSIFICATION IN AERONAUTICAL ACCIDENTS AND INCIDENTS

**ABSTRACT:** With the ever increasing reliability of aeronautical technology, failures that occur on account of equipment or materials are getting increasingly rare, and the main causes of accidents, today, are attributable to the human being, according to the "National Transportation Safety Board" (NTSB). Thus, the ability to investigate, classify and identify the human factors that are the root cause of accidents and incidents, plays a central role in the efforts to prevent recurrences, and is also important in the set-up of defenses in order to prevent the repetition and dissemination of "human errors". It is observed that there is a trend nowadays in the use of organizational approach based models for the analysis and investigation of aeronautical accidents and incidents. The objective of this paper is to present a tool which allows the analysis and classification of such errors. Thus, it presents the SERA ("Systematic Error and Risk Analysis") program, whose initial purpose was to help fill in the HFACS ("Human Factors Analysis Classification System") system. Being a user friendly program, the SERA program guides the investigator, by means of simple and direct questions, to the emergence of operator's active failures and of the pre-conditions in the different levels of the organization. The paper also shows a comparison between the SERA and HFACS classification systems.

**KEYWORDS:** Human Error. HFACS. SERA. Classification System.