

EFEITOS DAS COMUNICAÇÕES DOS OPERADORES DE SALA DE CONTROLE NA CONFIABILIDADE DE USINAS NUCLEARES

Paulo Victor R. de Carvalho – MSc.

Instituto de Engenharia Nuclear – IEN/CNEN
Av. Brigadeiro Trompowsky s/n, Cidade Universitária, Ilha do Fundão
21945-970 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Mario Cesar Rodríguez Vidal – Dr.

Grupo de Ergonomia e Novas Tecnologias - GENTE
Coordenação de programas de Pós-Graduação em Engenharia - Universidade do Brasil
Cidade Universitária, Ilha do Fundão, tel.: 2705490

RESUMO

Neste artigo procuramos investigar as práticas de comunicação e avaliar seu impacto na confiabilidade humana e na segurança de uma usina nuclear. A ênfase é dada nas comunicações feitas de e para a sala de controle das usinas. O estudo procura apresentar uma metodologia para analisar qualitativa e quantitativamente estas comunicações, desenvolvendo uma abordagem sistêmica considerando aspectos gerais da teoria dos sistemas complexos. Um dos objetivos futuros do estudo seria a aplicação de seus resultados no desenvolvimento metodologias para análise probabilística de segurança de usinas nucleares que integrem os aspectos da comunicação, permitindo uma avaliação mais precisa do real risco de acidentes deste tipo de instalação.

Palavras-chave: confiabilidade, comunicação, metodologia, usina nuclear.

ABSTRACT

The objective of the study presented in this paper is to investigate communication practices and their impact on human reliability and plant safety in a nuclear power environment. The study aims at developing a general complex systems approach towards the issue. The ultimate goal is to contribute to the development of probabilistic safety assessment methodologies in the area of communications and crew co-operation.

keywords: realibility, comunicação, metodologia, usina nuclear.

*A fala humana é como um caldeirão rachado
no qual tiramos sons que fazem ursos dançar,
quando o que queremos é mover as estrelas
Gustave Flaubert (1821 – 1880)*

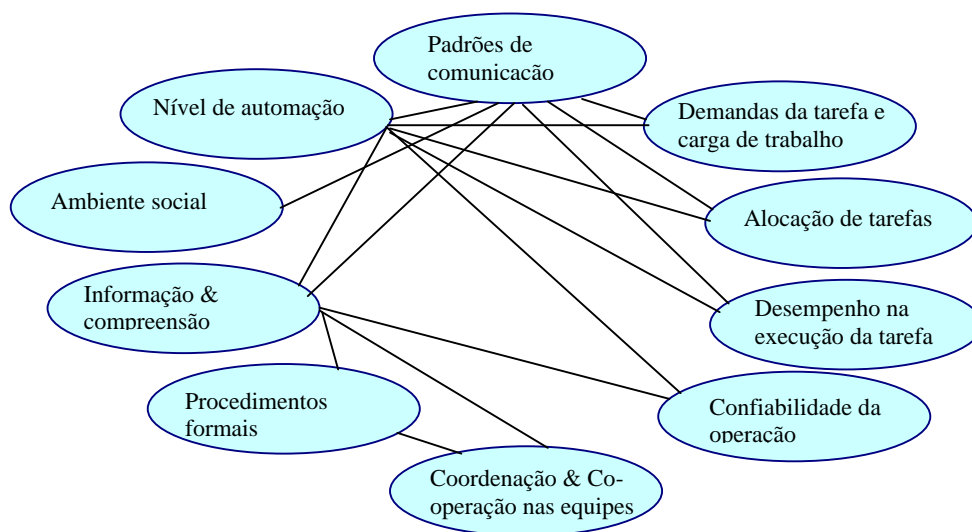
1. Introdução

Nesta introdução procuramos produzir um quadro teórico que nos habilite a investigar como as práticas de comunicação se relacionam com outras características da operação de processos, em organizações que lidam com tecnologias de risco, e como elas afetam o desempenho das tarefas por parte dos operadores e a confiabilidade organizacional como um todo. A abrangência deste quadro teórico não está limitado de forma alguma às usinas nucleares. Além delas, atenção especial foi dada para estudos correspondentes no campo

aeronáutico, que, com a introdução das práticas de *CRM* está alguns passos adiante do setor nuclear nesta matéria e possui muito mais estudos e artigos a respeito do tema.

Baseado na revisão teórica que fizemos, pelo menos 10 fatores diferentes precisam ser cuidadosamente analisados para a análise da confiabilidade das comunicações. Neles incluímos fatores que moldam o desempenho de operadores e consequentemente seus padrões de comunicação, como nível de automação, demandas da tarefa, alocação de tarefas etc. Estes fatores são apresentados na figura 1. As linhas que conectam os diferentes fatores se referem às interdependências que foram consideradas de especial importância neste estudo.

Figura 1: Escopo do quadro teórico: comunicação, principais fatores que influenciam no desempenho e algumas interconexões importantes.



Esta revisão teórica indica que embora saibamos bastante sobre comunicação e outros aspectos relativos ao comportamento de equipes de operação, especialmente no setor aeronáutico, continuam a existir muitas questões em aberto. Por exemplo, é bastante difícil tirar conclusões sobre a confiabilidade da operação baseado apenas na observação das práticas locais de comunicação. Esta dificuldade se escora no fato de que somado às comunicações existem também muitos outros importantes fatores que influenciam no desempenho da equipe. Esta interdependência entre estes fatores e suas características dinâmicas são uma consequência direta das propriedades complexas do sistema analisado. Entretanto, dependendo do conteúdo e do contexto da operação, o significado relativo destes fatores pode ser diferente e alguns deles realçados, facilitando a análise e permitindo que, baseados nos resultados disponíveis, algumas conclusões genéricas possam ser levantadas. Os parágrafos seguintes resumem algumas destas conclusões extraídas de diversos estudos:

Representações compartilhadas. De modo a realizar suas tarefas as pessoas precisam saber o que está ocorrendo em seu ambiente próximo de trabalho. Eles precisam compreender as características básicas e o estado real do processo controlado. Normalmente se assume que esta compreensão é baseada num tipo de representação funcional que é compartilhada pelos membros das equipes, e que a qualidade de tal representação se constitui num dos principais gargalos para um trabalho coletivo eficiente. Representações compartilhadas são em parte criadas e mantidas por práticas de comunicação eficientes. (Leplat, 1991; Rogalski, 1996; Grunsenmeyer, 1996).

Desempenho na execução de tarefas. Há um grande conjunto de evidências indicando que uma comunicação eficiente contribui para um desempenho eficiente na execução de tarefas. Consequentemente, práticas de comunicação inadequadas e falta de coordenação na equipe têm aparecido como tendo um impacto claramente prejudicial ao desempenho e a confiabilidade operacional de modo geral. (Sorsa, 1998; Billings & Reynard, 1981; Foushee & Manos, 1981; Weik, 1993).

Problemas de comunicação. Tanto no campo nuclear quanto na aviação civil problemas de comunicação são frequentemente relacionados a falhas quanto ao momento do início da transferência da informação, assim como a transmissão de mensagens incompletas, imprecisas, ambíguas, ou deterioradas. Além disso, muito frequentemente, membros das equipes de operação não se comunicam porque eles assumem que todos estão a par do que acontece, quando de fato não estão, o que pode ser explicado por meio de uma das propriedades de sistemas complexos segundo a qual nenhum agente tem a totalidade das informações e todos os agentes têm informações importantes. Também tem sido demonstrado que muitos problemas resultam de reconhecimento inapropriado de mensagens e falta de uma checagem cruzada (Billings & Reynard, 1981; Foushee & Manos, 1981).

A questão dos problemas e da qualidade da informação deve ainda ser colocada em termos de sua porosidade e nos problemas que esta porosidade pode acarretar, uma vez que a contraparte da porosidade é a vagueza dos conteúdos da comunicação em linguagem natural. Esta vagueza faz com que operadores busquem mais elementos da representação para preencher estes poros. Só que não seriam elementos da “realidade” e sim das representações, que muitas vezes são construídas mediante inferências, dependendo da qualidade e disponibilidade da informação em dado momento, o que pode tornar a informação construída a partir do preenchimento destes poros numa ficção catastrófica. Deste modo, é necessário que sejam criados meios para uma comunicação eficiente que permita a circulação de informações mais completas pelo sistema, de modo que os recheios de representação necessários para o preenchimento dos poros sejam minimizados.

Padrões de comunicação preferenciais. Encontramos conclusões contraditórias relacionadas ao efeito do aumento das demandas da tarefa sobre os padrões de comunicação preferenciais. Alguns resultados obtidos em usinas nucleares e plataformas de petróleo sugerem que em situações de aumento de demanda as pessoas tendem para longas discussões e uso de linguagem natural (Carvalho & Vidal, 2002; Skriver, 1998). Por outro lado, estudos em simuladores de voo revelam que em tais situações expressões mais concisas são preferidas. Estas diferenças podem ser em parte explicadas pelo fato de que o *Crew Resource Management* - CRM muito usado na aviação civil, incorpora técnicas específicas de treinamento de comunicações, enquanto que na indústria nuclear e petroquímica, procedimentos formais de comunicação não existem ou não são enfatizados pelos programas de treinamento (Grunsenmeyer, 1996; Bowers et al., 1995).

Efeito da automação no papel de operadores. Tanto as evidências científicas como a experiência prática parecem sugerir que a automação muda a maneira pela qual as tarefas e os problemas no trabalho são apresentados. Esta mudança parece resultar numa redistribuição da carga de trabalho e alteração nos processos de trabalho das equipes. Consequentemente, as demandas de comunicação colocadas nos membros das equipes em condições de operação manual são diferentes daquelas nas condições automáticas de operação. Sistemas automáticos parecem resultar numa comunicação mais frequente e numa tendência questionadora dos operadores sobre o que realmente o sistema de automação está fazendo (Vidal & Carvalho, 2001), enquanto que em sistemas pouco automatizados as equipes baseiam sua comunicação

mais em sequências tipo comando-ação-reconhecimento (Norros & Hukki, 1998; Bowers et al., 1995; Kanki & Vienott, 1994).

Automação e desempenho de tarefas. Muitos estudos têm falhado em obter uma correlação significativa entre o nível de automação e o desempenho na execução de tarefas. Ainda mais complicado é determinar o impacto do aumento da automação na confiabilidade geral da operação. Mesmo sendo geralmente assumido (especialmente pelos projetistas de sistemas técnicos) que a automação melhora a confiabilidade por meio da padronização de operações de rotina e sua alocação para parte máquina do sistema, tem também sido demonstrado que, simultaneamente, é aumentada a complexidade do sistema, acarretando num aumento da probabilidade da emergência de situações novas e, conseqüentemente, de novos e imprevistos modos de falhas, que podem resultar em sérios problemas. Problemas estes que são frequentemente relacionados à compreensão do real estado do sistema automático num dado momento. Tem sido observado, especialmente nas modernas aeronaves, que muito equipamentos automáticos demandam tanta atenção, que, ao invés de auxiliarem a operação, eles, na realidade, a tornam mais difícil e complicada. Além disso, a experiência obtida em diversos processos industriais indica que, muito frequentemente, operadores são sobrecarregados como uma abundância de informações sobre a operação do sistema per se, que dificulta seu desempenho nas tarefas de operação da instalação. Assim sendo, podemos concluir que embora a automação possa reduzir a probabilidade de erros humanos ao nível da habilidade, pode criar outros ao nível do conhecimento, de modo que ela não necessariamente aumenta a confiabilidade da operação e, além disso, torna a análise e cálculo dos riscos envolvidos na operação muito mais complexa. (Norros & Hukki, 1998; Bowers et al., 1995; Kanki & Vienott, 1994; Grunsenmeyer, 1996; Rogalski, 1996; Sorsa, 1998).

Cooperação. Conforme a crença popular a cooperação é um aspecto central para assegurar a consciência dos membros da equipe sobre todos os aspectos de situações correntes e futuras, além de habilitar estes membros a compartilhar a mesma base de informações para uma coordenação lógica e temporal de suas ações que facilite a cooperação. Entretanto, estudos ligados a missões completas em simuladores de vôo têm revelado que os membros das equipes preferem cooperação em aspectos relacionados a ações do que a cooperação em aspectos relacionados ao compartilhamento informações a respeito do estado geral do vôo. Além disso, observa-se que o nível de desempenho das equipes pode ser significativamente melhor que o nível de cooperação explicitado pela comunicação verbal. Conclui-se em tais casos que procedimentos adequados e bem estabelecidos são de fundamental importância para um bom desempenho (Rogalski, 1996).

Impedimentos sociais para a comunicação. Baseado em experiências no campo da aviação civil, supõe-se que algum tipo de descasamento social que exista entre o capitão ou supervisor de turno, no caso de usinas nucleares, e os outros membros da equipe possa prejudicar a troca de informações. Estes impedimentos, isto é, medo de advertências, punições, ou mesmo de ser ridicularizado, podem resultar numa relutância em realizar questionamentos e sublimar observações que poderiam ser importantes (Chute & Wiener, 1998).

Conclusão principal. Baseado na revisão bibliográfica apresentada neste quadro teórico podemos concluir que o desempenho das equipes é bastante dependente do projeto e da implementação adequadas do processo para controlar o sistema, onde a comunicação tem uma importante função de suporte fundamental em diversos aspectos. Nesta caso, a avaliação das comunicações não pode ser baseada somente na quantidade de comunicações, isto é do número de inquirições, comandos ou reconhecimentos durante um certo período de tempo, ou qualquer outra medição quantitativa simples. Em vez disso, devemos ser capazes de acessar

em qual medida as práticas de comunicação e respectivos equipamentos auxiliam o controle do processo num contexto determinado.

2. Pano de fundo metodológico

2.1 Uma abordagem sistemática para o estudo da comunicação e confiabilidade

Atualmente, as correntes modernas do *Human Factors* estão abandonando o paradigma de estudar apenas aspectos particulares das ações humanas em condições controladas, passando a estudos situados, em contextos onde as pessoas precisam coordenar suas atividades e trabalho em equipe de modo a atingir objetivos comuns. Sob tais condições, conceitos como distribuição de trabalho, distribuição de tomada de decisões e consciência compartilhada da situação são frequentemente vistos como fatores fundamentais que contribuem para o sucesso da operação (Leplat, 1991). Considerando que todas estas atividades requerem uma comunicação eficiente, podemos assumir que as práticas de comunicação têm um impacto significativo na confiabilidade e no desempenho das equipes de operação.

É importante notar que a comunicação faz parte de um sistema homem/máquina complexo. Em consequência, ela precisa ser estudada a partir de uma perspectiva sistêmica sob o paradigma da teoria dos sistemas complexos, de modo que possamos observar seu papel no sucesso ou falha na operação do sistema como um todo. Abordagens para pesquisas deste tipo podem ser criadas combinando métodos e princípios da engenharia de sistemas complexos com conceitos que foram originalmente desenvolvidos pelos campos da teoria das organizações e de estudos sobre a confiabilidade humana. Como abordagem da engenharia de sistemas complexos, queremos dizer todos os fatores importantes precisam ser considerados na análise. Esta análise é concebida de modo a ser balanceada e interdisciplinar por natureza.

2.2 Confiabilidade organizacional e de equipes

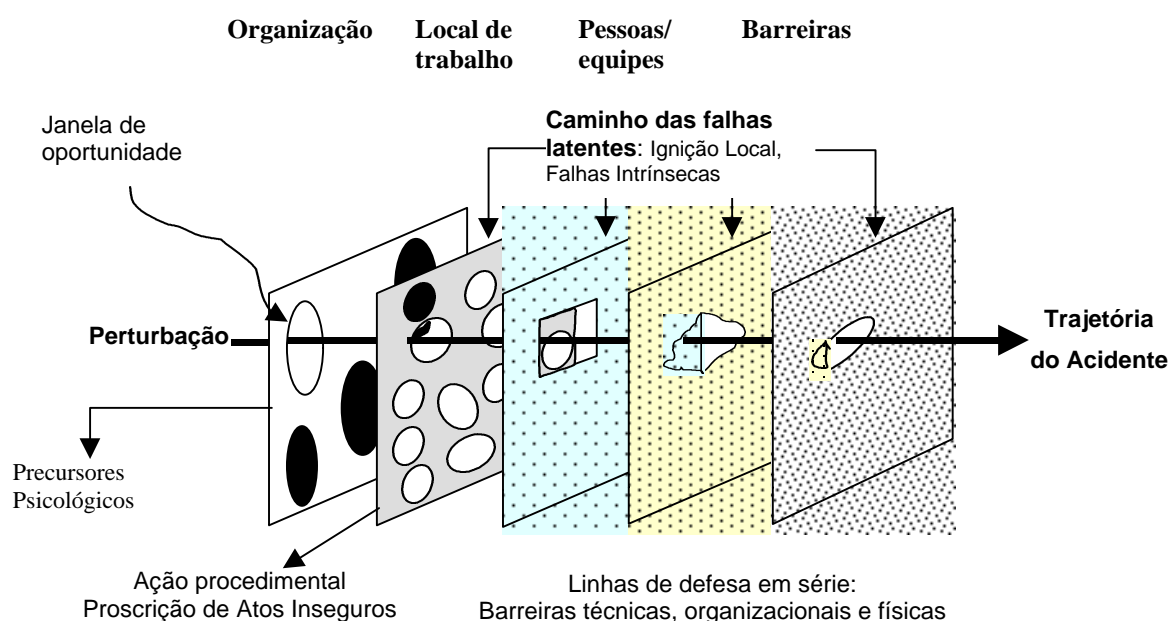
O pano de fundo metodológico e a maioria dos conceitos básicos deste estudo foram originalmente desenvolvidos pelo campo da análise de acidentes, onde os fatores humanos foram ganhando mais e mais atenção, na medida em que os aspectos técnicos não foram suficientes para explicar os grandes acidentes das últimas décadas do século passado. As novas vertentes dessa abordagem tornaram evidente que as falhas humanas não se restringem aos operadores de “linha de frente” do sistema, ao pessoal diretamente responsável pelo controle da instalação, ou de um sistema particular, ou de seguir determinado procedimento (Sagan, 1993; Roberts, 1993; Reason, 1995).

No passado, o ramo das ciências sociais que estudavam o gerenciamento de organizações, suas formas de operação e estruturação, assim como estudos relacionados a sociologia e psicologia contribuíram para uma melhor compreensão da confiabilidade organizacional. Elas ajudaram-nos a reconhecer que fatores como educação formal, treinamento, experiência profissional, *stress* etc. podem ter um impacto significativo no desempenho das tarefas e na confiabilidade da organização. Entretanto, estas disciplinas nem sempre levaram em consideração, ou avaliaram adequadamente, o dinamismo intrínseco das organizações e da atividade dos trabalhadores, ao contrário da corrente francesa da ergonomia que, desde sempre, baseia sua abordagem precisamente no paradigma da atividade e sua variabilidade (de Tersac & Leplat, 1990). Recentemente, se iniciou o reconhecimento nos campos da engenharia da confiabilidade e análise de riscos e acidentes de modo geral, de que os fatores organizacionais, por si mesmo, são aspectos fundamentais para o desempenho

operacional confiável de uma instalação. Novos paradigmas e tendências de pesquisa têm surgido, como a abordagem das “Organizações Altamente Confiáveis” desenvolvida pelo grupo de *Berkeley* no final dos anos 80 (Roberts, 1993), que, procurando averiguar os fatores que melhoram a confiabilidade de determinadas organizações ditas “Altamente Confiáveis”, surge como uma resposta a abordagem fatalista e até excessivamente pessimista de Perrow, no já clássico livro *Normal Accidents: Living with high risk technologies*, (Perrow, 1986), onde os seres humanos, operadores ou gerentes, aparecem como reféns das complexidades do sistema, pouco podendo fazer para evitar acidentes que, segundo ele, inevitavelmente ocorrerão quando lidamos com tecnologias de risco.

Segundo nossa definição a confiabilidade organizacional se refere ao grau segundo o qual as organizações são capazes de identificar, implementar e gerenciar políticas adequadas, estruturas, processos, práticas de trabalho e de aquisição de conhecimentos que permitam garantir um bom desempenho em termos de segurança e confiabilidade, conforme as possibilidades técnicas existentes. Assim, tais características são refletidas numa operação segura e confiável que não pode ser reduzida aos atributos de um indivíduo, ou às características técnicas de uma simples máquina.

Figura 2: Modelo de geração de acidentes (Adaptado de Reason, 1997).



2.3 Uma abordagem geral para análise de causas de falhas

Segundo Reason (1995, 1997) erros humanos e os problemas por eles causados são frequentemente consequências e não causas das falhas organizacionais. Analisando diversos acidentes em vários setores e os respectivos resultados de investigações oficiais, ele conclui que incidentes são usualmente produzidos por uma cadeia de eventos sequenciais “nos quais as contribuições puramente psicológicas (desatenção momentânea, esquecimentos, falta de consciência da situação etc.) são frequentemente a última e menos gerenciável parte da sequência” (Reason, 1995, pg. 1719-1720). No caso do desastre aéreo de *Dryden*, ocorrido em

1989, fatores de outra natureza, como falta de compromisso da gerência de alto nível com a segurança, responsabilidades mal definidas, falta de treinamento e falhas dos órgãos reguladores também contribuíram para o acidente. As conclusões de Reason se aplicam a praticamente todos os grandes acidentes do final do século passado, que têm sido atribuídos a diferentes falhas organizacionais como o acidente da indústria química de *Bhopal* (Shrivastava, 1992) e na indústria nuclear, o acidente de *Chernobyl* (75-INSAG-1, 1986), para citar apenas alguns poucos exemplos. A abordagem de Reason aparentemente fornece ao pesquisador um interessante enquadramento para a modelagem das sequências causais de acidentes (figura 2).

Os principais componentes deste modelo são um caminho para falhas ativas e um caminho para as falhas latentes. O primeiro se refere a falhas que se propagam a partir de más decisões gerenciais, procedimentos inadequados etc. que geram condições propícias a ocorrência de erros humanos nos locais de trabalho, que se materializam por meio de atos dos atores que atuam na linha de frente da operação dos sistemas (falha ativa). O segundo se refere a emergência de circunstâncias de aumento do risco latente tais como pressões temporais, falta de motivação, ou falha de alguma barreira de proteção, como resultado de decisões e medidas inadequadas tomadas por pessoas que se localizam, no espaço e no tempo, longe das ações realizadas pelos atores na linha frente dos sistemas. O modelo de Reason pode ser usado tanto de maneira reativa quanto pró-ativa. No primeiro caso o modelo nos obriga a indagar não somente o que aconteceu, mas também como e porquê acidentes acontecem, levando a análise das causas raízes de acidentes, que tem sido bastante usada no âmbito do setor nuclear. Neste artigo procuraremos apresentar uma modelagem das comunicações baseada em micro ou quase incidentes que ocorrem durante a operação, permitindo uma aplicação pró-ativa do modelo, fornecendo dados para melhoria de protocolos de comunicação, procedimentos operacionais e treinamento de operadores.

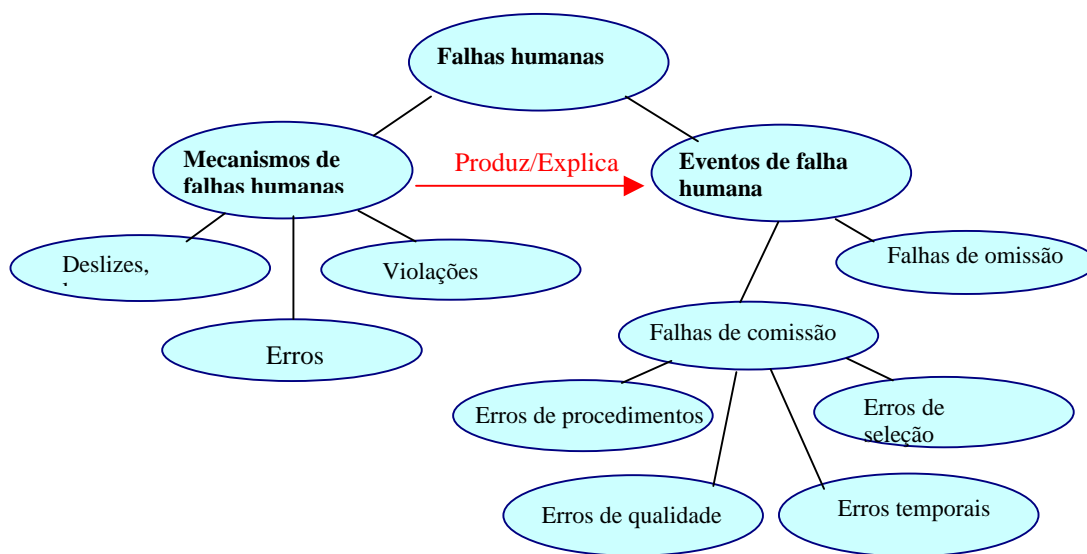
2.4 Classificação de falhas humanas

Nesta pesquisa, será necessário definirmos algum tipo de classificação para as falhas humanas, uma vez que pretendemos correlacionar os problemas de comunicação a determinados tipos de falhas. Assim, erros humanos serão chamados de eventos de falha humana de modo a enfatizar as ações humanas são raramente erradas em si mesmo. Elas serão classificadas de acordo com características externas observáveis. De outro lado, mecanismos de falha humana se referem às origens dos eventos de falha humana, isto é dos mecanismos pelos quais os eventos de falhas são realmente produzidos e pelos quais sua ocorrência pode ser explicada. Estes mecanismos são classificados de acordo com as características e tipo da correspondente falha cognitiva. Neste ponto é importante ressaltarmos que, em função do escopo de nosso estudo ser a contribuição da falha humana, na vertente da comunicação, para o aumento do risco na operação das usinas, não consideraremos o impacto positivo do desempenho humano na melhora da confiabilidade das usinas. Este fato não implica que o desempenho humano não produza um impacto positivo, ao contrário, podemos observar que o inverso é verdadeiro, uma que diversos micro incidentes são resolvidos, antes de se tornarem eventos mais graves, pela ação dos operadores.

Os mecanismos de falha humana foram classificados em 3 categorias: 1) deslizes, lapsos, 2) erros, enganos, 3) violações. Estas categorias tem sido usadas há bastante tempo para análise de confiabilidade humana pelo setor nuclear (Swain, 1982) e foram formalmente consolidadas em 1998 a partir de proposição da *Nuclear Energy Commission - Organisation for Economic Co-operation and Development* - NEA/OECD (NEA/CSNI/R((7)15,1998). Deslizes, são basicamente erros de atenção, que levam a uma saída (resultado da ação)

inadequado. Em alguns casos, lapsos de memória podem também ser classificados como deslizes. Deficiências no processo de tomada de decisões, ou processos de inferência podem resultar em ações que não atinjam os objetivos desejados. Estes tipos de falha são classificadas como erro. Violações podem ser definidas como desvios deliberados (tanto com objetivos de sabotagem, quanto por descaso ou desinteresse) em relação às práticas ou instruções normalmente aceitas e utilizadas. Na figura 3, os eventos de falha humana são classificados em 2 categorias principais: falhas de omissão e falhas de comissão. A primeira se refere a falhas em iniciar uma ação apropriada e a segunda nas falhas em obter os resultados desejados devido a medidas inadequadas ou baixa qualidade de trabalho.

Figura 3: Classificação de falhas humanas.



Conforme a classificação de Swain (op. cit.), falhas em comissão ainda podem ser divididas em 4 subclasses chamadas erros procedurais, de seleção, de qualidade e temporais. Também Hollnagel (1998) usa uma classificação similar. Ele, entretanto, assinala que estas categorias não são necessariamente significativas do ponto de vista psicológico, e, em alguns casos, nem mesmo de um ponto de vista prático, salientando que investigações mais profundas podem ser necessárias caso a caso. Nas tabelas 1 e 2 definições mais detalhadas dos mecanismos cognitivos de falha humana e suas características externas observáveis, conforme Hollnagel (op. cit.) são apresentadas. Algumas vezes pode ser muito difícil diferenciar entre a causa subjacente de um evento, o evento em si mesmo, ou sua saída. Por exemplo, uma falha no sistema pode resultar de uma combinação específica de várias pequenas falhas humanas ocorridas em diferentes estágios do processo.

Falhas ocorridas nos primeiros estágios do processo de trabalho, isto é, na especificação ou projeto do sistema podem permanecer não detectadas (latentes) e prosseguir seu caminho através dos estágios de inspeção e comissionamento e finalmente resultar num mau funcionamento do sistema anos depois. A detecção de falhas é possível nos casos de erros simples, uma vez que, erros durante o projeto não têm necessariamente um impacto imediato no progresso do trabalho. Além disso, uma falha na saída de determinado estágio

deste processo, pode se propagar a outro estágio e gerar uma outra falha (humana) neste estágio.

Tabela 1: Classificação dos mecanismos de falha.

Classificação	Definições
Deslizes, lapsos	Ação inconsciente e não desejada ou falha em agir, por exemplo, ação errônea instintiva devido a distrações ou falta de atenção.
Erros	Ação desejada que resulta numa saída não desejada, por exemplo, devido a falta de conhecimento, uso errado de procedimento, falha em compreender a situação, ou falta de habilidade para tomar a decisão correta.
Violações	Quebra intencional de regras estabelecidas e conhecidas, apesar de um bom entendimento do sistema e dos procedimentos a utilizar.

Tabela 2: Classificação dos eventos de falha humana.

Categorias e subclasses		Definições
Falhas de omissão		Omissão de tarefas inteiras ou passos de tarefas
Falhas de comissão	Erros procedurais	Uso de procedimentos, instruções ou práticas errados ou inadequados
	Erros de seleção	Medidas erradas como posição errada, falta de habilidade para seguir instruções, uso de substâncias ou equipamentos errados, operações de controle erradas, ou gerar informações ou comandos errados
	Erros de qualidade	Qualidade inadequada no planejamento ou implementação, por exemplo, força de menos ou demais, cálculos ou medidas incorretos, danos em outros sistemas ou equipamentos
	Erros temporais	Adiantamento ou atraso de determinadas atividades prejudicando a sequência do processo

3. Metodologia para análise da confiabilidade das comunicações

3.1 Os princípios do CRM

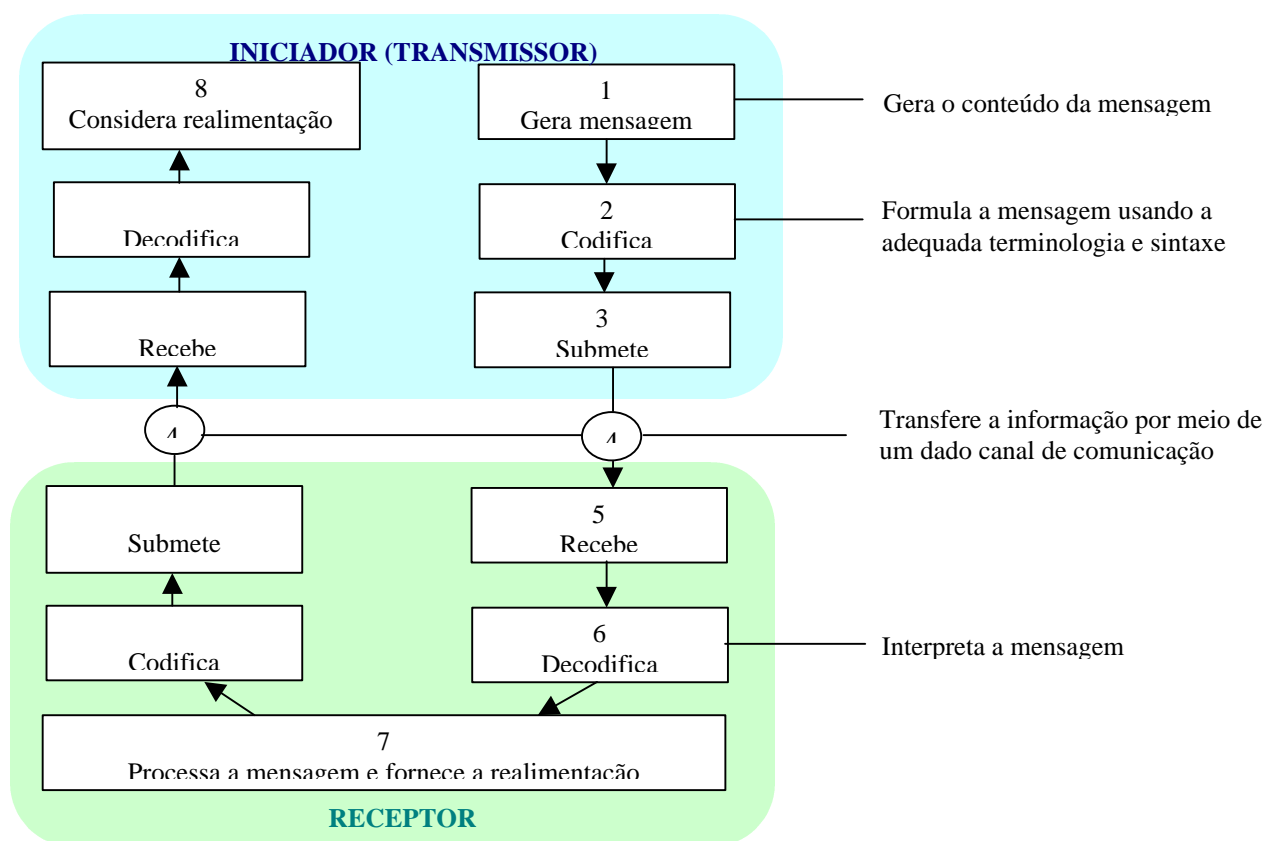
A causa primária da maior parte dos acidentes entre 1959 e 1990 foi definida como uma “ação inadequada da equipe de voo” (Sorsa, 1998), sendo apenas cerca 15% dos acidentes atribuídos ao equipamento aéreo (avião) em si. Frequentemente, ainda segundo SORSA (op. cit.), a ação inadequada da equipe de operação, contém “erros na transferência da informação”. Os problemas de comunicação mais comuns incluem falhas em iniciar uma transferência de informação, mensagens incompletas ou imprecisas, não compreensão de responsabilidades, reconhecimento não apropriado e falta de checagem cruzada. Os membros da equipe não se comunicam com a frequência requerida porquê eles (erroneamente) assumem que todos compreendem o que está acontecendo, quando de fato, nem todos estão (Billings & Reynard, 1981; Foushe & Manos, 1981).

Conforme entrevistas conduzidas pela NASA, pesquisadores nos anos 70 verificaram que o treinamento inadequado era a principal preocupação dos pilotos. E não era de treinamento técnico que estes pilotos sentiam falta, mas treinamento em aspectos como liderança, comunicação e gerenciamento de equipes. Análises subsequentes em acidentes com

jatos de carga entre 1968 e 1976 revelou que mais de 60% deles envolveu problemas da coordenação da equipe e tomada de decisões (Sorsa, 1998). A partir do início dos anos 80 várias companhias aéreas já haviam desenvolvido e implementado programas chamados de *Crew Resource Management – CRM* para lidar com estes problemas. Atualmente, o CRM se desenvolveu ao ponto de englobar todas as equipes envolvidas na operação das aeronaves desde a equipe de cabina embarcada na aeronave, passando por controladores tráfego aéreo, equipes de manutenção, e outros grupos que interagem com a equipe de cabina da aeronave. As áreas principais dos programas tipo CRM podem ser resumidas em: 1) comunicação e tomada de decisão, 2) liderança e formação de equipes e 3) gerenciamento da carga de trabalho e consciência da situação. O objetivo primário do CRM é melhorar a segurança por meio de procedimentos efetivos para coordenação de equipes (Sorsa, 1998).

3.2 O Modelo Geral de Comunicação

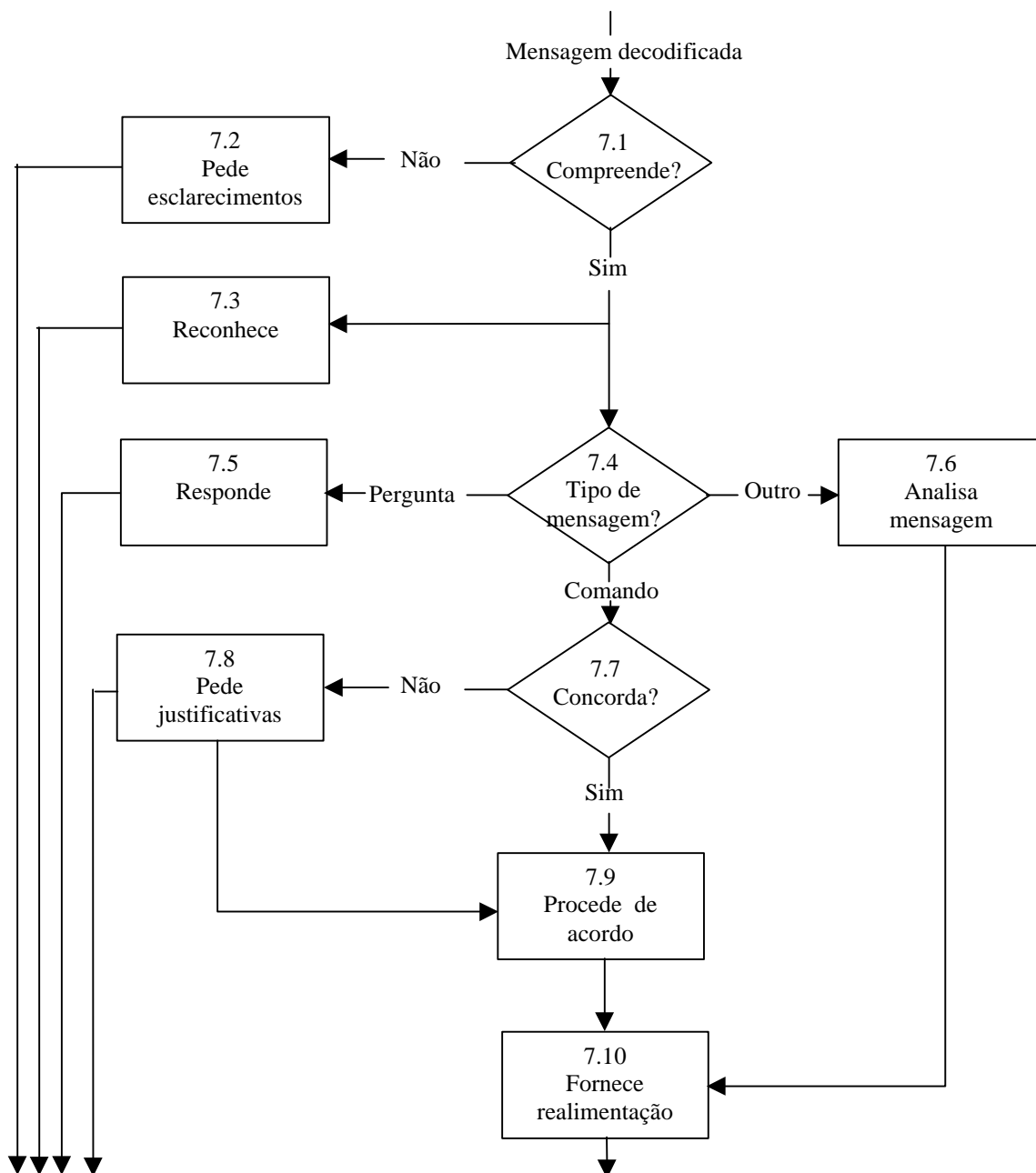
Figura 4: Modelo Geral das Comunicações: as trocas de informação entre o iniciador da mensagem (transmissor) e o receptor (adaptado de Shanon & Weaver, 1969, pg. 6-7).



O estudo de práticas de comunicação demanda técnicas mais específicas e elaboradas do que as apresentadas no capítulo 3. Nós precisamos de meios adequados para analisar transações particulares de comunicação e avaliar sua adequação num dado contexto. Exibir como resultado da análise de acidentes “Falha de Comunicação”, assim como “Falha Humana”, não é suficiente. Este fato nos levou ao desenvolvimento do Modelo Geral de Comunicação – MGC, que é apresentado na figura 4. O MGC foi desenvolvido para analisar a

troca de informações entre 2 pessoas ou membros de qualquer equipe ou grupo que opere determinado sistema sob a autoridade de um único superior. O modelo procura realçar as fases principais da transferência de informação entre o iniciador (transmissor) e o receptor da mensagem, sendo parcialmente baseado no modelo matemático da comunicação de Shanon & Weaver desenvolvido em 1940 (Shanon & Weaver, 1969).

Figura 5: Modelo geral de comunicações: processamento de mensagens (fase 7).



As 8 fases do MGC podem ser posteriormente decompostas em subfases. Por exemplo, uma descrição mais detalhada das atividades em relação ao processamento das mensagens e geração de realimentações (fase 7) é apresentada na figura 5. O modelo é genérico no sentido que ele não se refere a uma situação específica de comunicação, nem ao

uso de um procedimento particular de geração de mensagens, de meio ou equipamento de transmissão/recepção. Ele se aplica a modelagem de protocolos de comunicação verbal e escrita, independentemente do conteúdo das mensagens submetidas, ou da distância física ou temporal entre o iniciador da mensagem e o receptor. Seus componentes foram escolhidos com base nas características gerais da maior parte dos processos de transferência de informação entre 2 participantes. O modelo pode ser considerado também normativo, no sentido de que a decomposição da fase 7, por exemplo, foi realizada de acordo com os principais princípios de comunicação do *CRM* aplicados no campo da aviação civil.

Consequentemente, o Modelo Geral de Comunicações proposto pode ser considerado um modelo adequado para as características procedurais de modos de processamento e geração de realimentações de mensagens de alta confiabilidade (figura 5), e que não procura descrever ou explicar os processos cognitivos existentes por trás das capacidades humanas de processamento de informação e tomada de decisões. Acreditamos que este modelo se aplica especialmente bem para transações de comunicação simples de 2 vias, tais como sequências pergunta/resposta, ou comando/reconhecimento. Como é geralmente assumido que a eficiência e confiabilidade e precisão de transações de comunicação em situações demandantes de controle de processos dependem tanto do grau de formalização dessas transações, quanto do grau de adesão dos operadores a estes requisitos formais, uma abordagem formal pode resultar numa análise mais confiável sobre os resultados obtidos. Quando caminhamos para observações, sugestões e outros tipos de comunicação menos estruturados, o modelo pode ser usado para um enquadramento geral, identificando os componentes das práticas aplicadas na transferência de informação numa dada situação. Uma visão geral dos diferentes tipos de comunicação é apresentada na tabela 3.

Tabela 3: Tipos de comunicação, definições e exemplos.

Tipos	Definições	Exemplos **
Comando *	Uma delegação de responsabilidade específica de um membro do grupo para outro	“Abra válvula V15 agora!”
Reconhecimento*	Uma declaração que indica que a mensagem foi recebida	“Roger!”
Inquirição*	Uma requisição deliberada e bem definida de informação	“A medição de vazão F001 mostra algum aumento?”
Réplica *	Uma declaração usada para responder a uma inquirição ou outra mensagem que envolva mais informação que um simples reconhecimento	“Sim, a vazão é de 25/kg/s e está aumentando devagar.”
Observação *	Um comentário objetivando orientar a atenção de outro membro do grupo para um aspecto específico da operação	“Agora está a 27 kg/s – a vazão deve ser de mais de 40 Kg/s.”
Sugestão *	Uma recomendação para um curso específico de ação ou a introdução de uma idéia para consideração	“Nós devemos tentar mover a válvula se ela emperrar?”
Declaração de intenção *	O anúncio da intenção de iniciar uma ação	“Presta atenção, e vou tentar mexa-la agora!”
Declaração de encorajamento*	Uma declaração para encorajar, animar o pessoal	“Vamos lá, vamos esclarecer isto, pessoal!”
Não relacionada a tarefa	Uma declaração que não se refere a qualquer aspecto da tarefa de operação corrente	“A propósito, quem pode me dar uma carona para casa?”
Indecodificável *	Uma mensagem pouco clara ou ambígua	“Mmmmm.... Mmmmm”
Erros: declaração perdida declaração errada	Qualquer tipo de comunicação esperada que não acontece Qualquer tipo de comunicação errada	

Tipo e definições adaptados de Bowers et al. (1995).

** Exemplos adaptados de comunicações em salas de controle de usina nucleares.

3.3 O MGC e as falhas de comunicação

Tabela 4: Tipos de comunicação, erros possíveis e respectivas consequências.

Tipos	Erros	Consequências das ações (erros)
Comando	<u>Omissão</u> <u>Outros erros:</u> Erro temporal Erro de qualidade Erro procedural Erro de seleção	- Falta de ação - Ação muito cedo ou muito tarde - Falta de ação (como na omissão), irritação em função da forma do comando (consequências como distração são possíveis) - Dependente das condições exatas da situação - Dependente das condições exatas da situação
Reconhecimento	<u>Omissão</u> <u>Outros erros:</u> Erro temporal Erro de qualidade Erro procedural Erro de seleção	- Nenhuma, incerteza sobre se a mensagem foi percebida, compreendida - Como na omissão (se atrasado) - Como na omissão - Nenhuma, deveria gerar uma checagem - Nenhuma, deveria gerar uma checagem
Inquirição	<u>Omissão</u> <u>Outros erros:</u> Erro temporal Erro de qualidade Erro procedural Erro de seleção	- Nenhuma informação é obtida - Informação prematura ou atrasada - Muito pouca informação, ou muita informação desconstruída é obtida - Informação errada é obtida - Informação errada é obtida
Réplica	<u>Omissão</u> <u>Outros erros:</u> Erro temporal Erro de qualidade Erro procedural Erro de seleção	- Nenhuma, incerteza sobre se a mensagem foi percebida, compreendida - Como na omissão (se atrasado) - Como na omissão, ou em outros casos distração - Nenhuma direta, deveria gerar uma checagem - Nenhuma direta, deveria gerar uma checagem
Observação	<u>Omissão</u> <u>Outros erros:</u> Erro temporal Erro de qualidade Erro procedural Erro de seleção	- Compartilhamento inadequado sobre o que está ocorrendo - Impressão errada sobre a situação - Muito pouco: falta de conhecimento da situação, demais: distração - Impressão errada sobre a situação - Impressão errada sobre a situação
Sugestão	<u>Omissão</u> <u>Outros erros:</u> Erro temporal Erro de qualidade Erro procedural Erro de seleção	- Compartilhamento inadequado sobre o que está ocorrendo - Como na omissão, se atrasada, se prematura, decisões precipitadas - Como na omissão, ou em outros casos distração - Pode levar a decisões com viés inadequado - Pode levar a decisões com viés inadequado
Declaração de intenção	<u>Omissão</u> <u>Outros erros:</u> Erro temporal Erro de qualidade Erro procedural Erro de seleção	- Compartilhamento inadequado sobre o que está ocorrendo - Impressão errada sobre a situação - Muito pouco: falta de conhecimento da situação, demais: piora do espírito de equipe - Impressão errada sobre a situação - Impressão errada sobre a situação

Uma lista de recomendações para auxiliar uma comunicação efetiva foi elaborada por SORSA (1998, pg. 17-18), a partir de análises de diversos acidentes aéreos:

1. Transmitir a informação claramente (1,2), concisamente (1), e no tempo adequado;
2. Usar terminologia padronizada (2);
3. Apresentar (e discutir) dúvidas e sugestões de modo claro e assertivo (7.1,7.2,7.6,7.7,7.8,7.10)

4. Reconhecer as comunicações (7.3);
5. Prover a informação como requisitada (7.5,7.6,7.10);
6. Repetir a informação (7.3, 7.10)
7. Pedir esclarecimentos quando necessário (7.1,7.2)
8. Resolver conflitos de modo construtivo.

Como podemos ver a partir dos números entre parênteses acima e nas figura 4 e 5, grande parte dessas recomendações estão incorporadas no modelo proposto. Para cada fase do MGC, diferentes tipos de erros podem ser postulados, fornecendo a ligação necessária entre comunicação e falha humana que permitirá uma avaliação mais precisa da confiabilidade das comunicações e, posteriormente, a inserção destes dados na avaliação da confiabilidade da instalação. A seguir, apresentamos na tabela 4, os mecanismos de erros externos propostos por SWAIN (1982), que serviram de base para as primeiras avaliações da confiabilidade humana em usinas nucleares, modificados conforme sugestão de HOLLNAGEL (1998), e suas consequências potenciais de acordo com o MGC.

Na cabina assim como na sala de controle o líder (capitão ou supervisor de turno) possui a responsabilidade total e indivisível sobre a equipe de operação. Ele deve coordenar as atividades, adjudicar prioridades, delegar tarefas, monitorar e avaliar o desempenho da equipe. Além disso, ele precisa assumir ainda a responsabilidade maior relacionada a processos de solução de problemas e tomadas de decisão. Assim sendo, podemos considerar que seu sucesso é bastante dependente de uma comunicação adequada com a equipe, que deste modo, deve ser também uma de suas principais preocupações.

4. Conclusões e recomendações

Em síntese, a proposta aqui apresentada, procura estudar o efeito das comunicações na segurança de usinas nucleares, partindo da premissa teórica de que acidentes são fenômenos complexos, que não podem ser explicados ou estudados apenas a partir de modelos estatísticos baseados na coincidência de eventos independentes. No quadro teórico da inicial procuramos realçar como a comunicação afeta diversos aspectos fundamentais para a segurança e desempenho da operação. A seguir apresentamos uma abordagem sistêmica para a análise de causal de acidentes no âmbito de organizações que lidam com tecnologias de risco, uma vez que as práticas de comunicação precisam ser sempre analisadas a partir de um enquadramento organizacional amplo. A partir daí propusemos uma metodologia que procura avaliar o efeito da comunicação no desempenho e confiabilidade do sistema, partindo do modelo clássico da teoria matemática da comunicação que é combinado com a classificação de erros usada no âmbito do setor nuclear, de modo a contribuir para o desenvolvimento de metodologias de análise probabilística de segurança, que incluam o efeito das comunicações. Pretendemos aplicar o modelo proposto na análise da confiabilidade da comunicação – protocolos verbais – de equipes de sala de controle de usinas nucleares, como parte de uma tese de doutorado que se encontra em andamento no Programa de Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ.

5. Bibliografia

- Billings, C. & Reynard, W.** (1981). Dimensions of the information transfer problem. C.E. Billings, E. S. Cheaney (Eds.), Information transfer problems in aviation system (Report No. NASA TP-1875). Moffet Field, CA: NASA Ames Research Center.
- Bowers, C. Deaton, J., Oser, R., Prince, C. & Kolb, M.** (1995). Impact of automation on air crew communication and decision-making performance. *The International Journal of Aviation Psychology*, 5(2), 145-167.
- Carvalho, P. & Vidal, M.** (2002). O trabalho dos operadores das usinas nucleares brasileiras. Anais do XII Congresso Brasileiro de Ergonomia. Recife: ABERGO.
- Chute, R. & Wiener, E.** (1998). Cockpit/cabin communication: II. Shall we tell the pilots? <http://olias.arc.nasa.gov/>
- De Tersac, G. & Leplat, J.** (1990) La fiabilité et l'ergonomie: spécificité et complémentarité. Paris: Revue de Psychologie Appliquée (40), no.3, pg. 377-386.
- Foushe, H. & Manos, K.** (1981). Information transfer within the cockpit: problems in intracockpit communications. C.E. Billings, E. S. Cheaney (Eds.), Information transfer problems in aviation system (Report No. NASA TP-1875). Moffet Field, CA: NASA Ames Research Center.
- Grunsenmeyer, C.** (1996). De l'analyse des communications à celle des représentations fonctionnelles partagées. Une application à la relève de poste. Paris: Institut National de Recherche et de Sécurité.
- Halbert, B., Sebok, A., Morisseau, D. & Persinsky, J.** (1997). The effects of an advanced plant design features and control room staffing on operator plant performance. Halden Project-External report MMS-0147.
- Hollnagel, E.** (1998). Cognitive reliability and error analysis method (CREAM). Oxford: Elsevier.
- 75-INSAG-1** (1986) Summary report on the post-accident review meeting on Chernobyl accident. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Kanki, B. & Vienott, E.** (1994). The effects of flight deck automation on crew performance. <http://descartes.arc.nasa.gov>
- Leplat, J.** (1991). Organization of activity in collective task. J. Rasmussen, B. Brehmer & J. Leplat (Eds.), Distributed decision making: Cognitive models for co-operative work (pg.51-73). Chichester: John Wiley & Sons.
- NEA/CSNI/R (97) 15** (1998). Improving reporting and coding of human and organizational factors in event reports. Issy-les-Moulineaux: Committee on the safety of nuclear installations, OECD Nuclear Energy Agency.
- Norros, L., Hukki, K.** (1998). Utilization of information technology in navigational decision-making. Y. Waen (Ed.), Co-operative process management – cognition and information technology. London: Taylor & Francis.
- Perrow, C.** (1984). Normal Accidents: Living with High Risk technologies. New York: Basic books.
- Reason, J.** (1995). A systems approach to organizational error. *Ergonomics*, 38, 1708, 1721.
- Reason, J.** (1997). Managing risks of organizational accidents. London: Ashgate.
- Roberts, K.** (Ed.) (1993). New challenges to understanding organizations. New York: Macmillan.
- Rogalski, J.** (1996). Co-operation process in dynamic environment management: evolution through training experienced pilots in flying a highly automated aircraft. *Acta Psychologica*, 91, 273-295.
- Sagan, S.** (1993). The limits of safety. Princeton: Princeton University press.
- Shanon, E. & Weaver, W.** (1969). The mathematical theory of communication (4th ed.). Chicago: The University of Illinois press.
- Shrivastava, P.** (1992). Bhopal: anatomy of a crisis (2nd ed.) London: Paul Chapman Publishing Ltd.
- Skriver, J.** (1998). Emergency Decision Making on Offshore Installations. Dsc. Thesis, University of Aberdeen.
- Sorsa, M.** (1998). CRM background and philosophy. Proceedings of the 5th Conference on Cognitive Science Approaches to Process Control, Finland.
- Swain, A.** (1982). Modelling of response to nuclear power plant transients for probabilistic risk assessment. Proceedings of the 8th Congress of the International Ergonomics Association in Tokyo.
- Vidal, M. & Carvalho, P.** (2001) Diagnóstico de eventos em sistemas complexos: Ocaso das usinas nucleares brasileiras. Anais do XI Congresso Brasileiro de Ergonomia. Gramado: ABERGO.
- Weik, K.** (1993). The vulnerable system: An analysis of the Tenerife air disaster. K. Roberts (Ed.). New challenges to understanding organizations (pg. 173-198) New York: Macmillan.