

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

**SISTEMA DE REGISTRO E ANÁLISE COM BASE NA FALHA
HUMANA**

Wolga Betina Schossig Lehmann

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Florianópolis
2001

Wolga Betina Schossig Lehmann

SISTEMA DE REGISTRO E ANÁLISE COM BASE NA FALHA HUMANA.

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 31 de agosto de 2001.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Eugenio A. D. Merino, Dr.
Orientador.

Prof. Osmar Possamai, Dr.

Prof^a. Ana Regina de Aguiar Dutra, Dr^a.

Este trabalho é dedicado aos meus pais Germano Raul Schossig e Waltrudes Schossig pelo amor e o apoio que sempre me deram, ao meu marido Rudy Mário Lehmann Júnior pelo carinho, amor e por sempre acreditar em meu potencial e aos meus filhos Ana Claudia S. Lehmann e Rudy Mário Lehmann Neto por entenderem minha ausência durante o desenvolvimento deste estudo.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela proteção durante as viagens, pela força interna e por tudo que me têm concedido, a minha família por todo apoio e incentivo recebido.

A Germano Raul Schossig meu pai meu maior incentivador, conselheiro e exemplo vivo de luta e vitória.

Ao meu marido Rudy Mário Lehmann Júnior pelo companheirismo, cumplicidade e estímulo durante esta jornada.

Aos professores da Federal de Santa Catarina em especial ao Professor Osmar Possamai pelo apoio inicial e ao Professor Eugenio Merino pela paciência, estímulo e orientação recebida.

Ao Sr. Lauro Krug gerente, ao Israel Altizani e demais equipe técnica de químicos e em segurança do trabalho do curtume, por todo apoio recebido.

A Ively Monteiro diretora presidente da FIFASUL e FAFS pelo apoio e incentivo, imprescindíveis para a conquista deste.

“O único homem que nunca comete erros é aquele que nunca faz coisa alguma. Não tenha medo de errar, pois você aprenderá a não cometer duas vezes o mesmo erro.”

Roosevelt

SUMÁRIO

Lista de figuras	viii
Lista de quadros	ix
Resumo	x
Abstrat	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Justificativa	3
1.4 Delimitação do estudo	5
1.5 Metodologia	5
1.6 Estrutura do trabalho	6
2 .FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1 –Falhas humanas	8
2.1.1 Definições	10
2.1.2 Classificação	14
2.1.3 Análise das falhas humanas	20
2.1.3.1 A técnica de análise de tipo FMEA	23
2.1.3.2 Técnica da análise de incidentes críticos TIC.....	25
2.1.3.3 A técnica da árvore de causas	26
2.1.4 Prevenção	29
2.2 –Cultura organizacional	32
2.2.1 Definições	33
2.2.2 As organizações como grupos sociais e sua cultura	34
2.2.3 A cultura organizacional e a relação com a falha humana	36
2.3 – Teoria dos Sistemas	38
2.3.1 Sistema homem-máquina	38
2.3.2 A ergonomia e o sistema homem-máquina	40
2.3.2.1 Definições de ergonomia	42
2.3.2.2 A evolução da ergonomia	44
2.4 – Qualidade	46
2.5 - Treinamento	48
3 –ESTUDO DE CASO	53
Agroindústria	53
3.1 Cadeia de produção agroindustrial	55
3.1.2 Cadeia produtiva de couros e calçados	57
3.2 O curtume	60
3.2.1 Aspectos particulares desta unidade de negócios.	62
3.2.2 Sistema produtivo	64
3.2.3. Seção de caleiro e curtimento	67
3.3 Metodologia do estudo de caso	68
3.3.1 A análise básica do estudo	69
3.3.2 Natureza da pesquisa	69
3.3.3 Instrumentos de coleta de dados	69

3.3.4 Metodologia para execução dos objetivos específicos	70
3.3.5 Identificação das variáveis	70
3.3.6 Técnicas de coleta e tratamento de dados	71
3.3.7 Limitações da pesquisa	71
3.4 Análise e classificação das causas mais comuns dos erros humanos encontrados na produção do couro	72
3.5 Modelo para registro, controle e análise dos falhas humanas	75
3.5.1 Danos a pessoas e equipamentos	76
3.5.2 Impactos sobre os produtos em processo.....	77
3.5.3 Tipos de falhas humanas do tipo erro	78
3.5.4 Causas das falhas humanas do tipo erro	78
3.5.5 Outras classificações.....	84
3.6 Conclusões e sugestões do estudo de caso	87
4. CONCLUSÕES	89
4.1 Futuros trabalhos	90
Referências Bibliográficas.....	92
Anexos.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Tipos de falhas humanas	11
Figura 2: Exemplos de erros humanos que ocorrem em diversos níveis de percepção e processamento de informações.....	15
Figura 3: Árvore de análise de erros humanos	27
Figura 4: Causa e prevenção.....	30
Figura 5: Esquema de interações entre os elementos de um sistema homem-máquina	40
Figura 6: Cadeia produtiva de couro e calçados	58
Figura 7 : Sistema produtivo do couro	60
Figura 8 : Fluxograma do Sistema Produtivo.....	64
Figura 9 :Fulões de caleiro e curtimento	73
Figura 10 :Classificação dos erros humanos mais comuns encontrados nos relatórios de acidentes de trabalho.....	75
Figura 11 : Falhas humanas por seção de trabalho	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação de erros e violações	12
Tabela 2: Educação, Treinamento e Desenvolvimento	50
Tabela 3: Distribuição física do rebanho bovino nas regiões brasileiras..	61
Tabela 4: Análise e Classificação dos erros humanos nos acidentes de trabalho ano de 2000 e 2001(Até junho)	74
Tabela 5: Danos a pessoas e equipamentos.....	76
Tabela 6 : Impactos sobre os produtos em processo.....	77
Tabela 7 : Tipos de erros humanos	78
Tabela 8 : Causas dos erros humanos.....	79
Tabela 9: Causas raízes dos erros humanos.....	84
Tabela 10: Relatório proposto baseado no Relatório de Acidentes de Trabalho em 2000 e 2001(Até junho).....	86

RESUMO

LEHMANN, Wolga Betina Schossig. **Sistema de registro e análise com base na falha humana**. Florianópolis, 2001. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

Falhas Humanas em empresas podem ser responsáveis por queda na produtividade, retrabalhos, acidentes de trabalhos, além de danos materiais e pessoais irrecuperáveis. As agroindústrias por absorverem mão de obra local, quando na zona rural, necessitam investir na prevenção das falhas humanas pois seus funcionários não possuem experiência e nem tão pouco afinidade com a cultura organizacional. O objetivo geral deste trabalho é levantar, analisar, classificar e registrar as causas das falhas humanas involuntárias no sistema produtivo de uma indústria de couro. Baseado na bibliografia pesquisada é descrito conceitos, análises e classificação das causas das falhas humanas, além de outros temas relacionados. Mediante a análise de relatórios de acidentes de trabalho de um curtume em um período de 1 ano e meio, baseado na bibliografia foi possível realizar um diagnóstico com a classificação das causas mais comuns das falhas humanas encontradas no sistema produtivo. Com este diagnóstico foi possível sugerir ações preventivas que possam minimizar as falhas humanas involuntárias no sistema produtivo desta agroindústria.

PALAVRAS-CHAVE: Falha Humana; Erro Humano; Ergonomia; Prevenção; Sistema Homem-Máquina.

ABSTRACT

LEHMANN, Wolga Betina Schossig. **System a register and analyse based on human error**. Florianópolis, 2001. 116pp. Dissertation (Master's Degree in Production Engineering)- Post-Graduation Program in Production Engineering, UFSC, 2001.

Human errors in companies can be responsible for productivity loss, remakes, work accidents not to mention irrecoverable material and personal damages. Agroindustries use local labor when in rural areas and for this reason they have to invest in preventing human error because its workers are not experienced and are not familiar with the organizational culture. The general objective of this work is to identify, analyse, classify and register the causes of involuntary human errors in the productive system of a leather industry. Based on the researched bibliography, we discuss concepts, analyses and classification of causes for human errors as well as other related topics. Through the analysis of work accidents reports of a tannery over a period of a year and a half, based on the bibliography, it was possible to come to a diagnosis by classifying the most common causes for human errors found in the productive system. This diagnosis has made it possible to suggest preventive actions that can minimize involuntary human errors in the productive system of this agroindustry.

KEYWORDS : Human fault; Human error; Ergonomics; Prevention; Man-machine system.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A produtividade teve grande impulso quando do surgimento das primeiras máquinas que racionalizaram a produção, podendo ser considerado uma das razões da Revolução Industrial.

“ (...) a mecanização da indústria e da agricultura, nos fins do século XVIII, com o aparecimento da *máquina de fiar* (inventada pelo inglês Hargreaves em 1767), do *tear hidráulico* (inventado por Arkwright em 1769), do *tear mecânico* (por Cartwright em 1785), do *descascador de algodão* (por Whitney em 1792), que vieram substituir o trabalho do homem e a força motriz muscular do homem, do animal ou ainda da roda d'água. Eram máquinas grandes e pesadas, mas com incrível superioridade sobre os processos manuais de produção da época. O *descascador de algodão* tinha capacidade para trabalhar mil libras de algodão enquanto, no mesmo tempo, um escravo conseguia trabalhar cinco. (...) A força elástica do vapor descoberta por *Denis Papin* no século XVII ficou sem aplicação até 1776, quando *Watt* inventou a *máquina a vapor*. Com a aplicação do vapor as máquinas, iniciam-se grandes transformações nas oficinas, que se converteram em fábricas, nos transportes, nas comunicações e na agricultura.” CHIAVENATO (1993 :36)

Máquinas não operam sozinhas sendo a intervenção do homem necessária. Ele instala, regula, programa e acompanha o seu desempenho com vistas a alcançar os objetivos desejados.

“O cliente agora só paga por aquilo que, na sua percepção tem VALOR”. FALCONI (2000:4). Segundo este autor, hoje em dia, maior produtividade e menores custos só trarão resultados se o produzido estiver compatível com o que o cliente almeja, em termos de preço, atendimento de sua necessidade e superação de suas expectativas. Para alcançar a produtividade almejada, o processo deve desenvolver-se de maneira eficiente¹, sem apresentar erros,

¹ **Eficiência** : diz respeito a método, a modo certo de fazer as coisas. É definida pela relação entre volumes produzidos/recursos consumidos. Uma empresa eficiente é aquela que consegue o seu

caracterizando confiabilidade. Assim sendo, confiabilidade humana, segundo IIDA (1990) é a probabilidade de desempenhos bem sucedidos de tarefas .

Desta forma a confiabilidade humana só poderá ser alcançada quando não existirem falhas humanas. Quando estas acontecem, podem prejudicar a eficiência das organizações porque podem possibilitar :

- diminuição dos volumes produzidos, aumentando os recursos necessários ao correto funcionamento do processo;
- incidentes com danos materiais e ambientais;
- acidentes com perdas humanas e monetárias, dentre outros problemas.

Sanders (1991:72) explica : "Ninguém pode garantir que os atos feitos numa determinada tarefa, possam ser suficientemente livres de algum incidente ou acidente, errar é humano".Prevalece em muitas organizações a cultura que vem do senso popular onde “errar é humano” mas a confiabilidade do “ fator humano” é tão ou mais importante que os demais fatores de produção

Este trabalho tem como foco as agroindústrias que por uma questão de custos, se instalam próximas à matéria-prima, geralmente localizada na zona rural. Na parte administrativa faz-se necessário a contratação de pessoas mais qualificadas ao contrário do nível operacional que absorve trabalhadores da região. Estes trabalhadores por não possuírem qualificação fazem parte do mercado de trabalho secundário, podendo ser substituídos com facilidade, por outro lado levam tempo para se adaptar à rotina e à cultura industrial afetando assim a produtividade e a confiabilidade esperada deles.

“O mercado de trabalho primário engloba um mercado para cargos de carreira que são especialmente importantes e que exigem alto grau de competência e conhecimento específico, freqüentemente associado com determinado ramo ou natureza de empresa. (...) O mercado de trabalho secundário, por outro lado, é um mercado para trabalhadores menos especializados e mais baratos, que atuam em escritórios, fábricas e ao ar livre. (...) e os trabalhadores podem ser admitidos e demitidos de acordo com as incertezas do ciclo de negócios.” Morgan (1996: 290 - 291):

Em razão do aspeto da confiabilidade humana, as empresas, em todos os setores, necessitam investir nos seus trabalhadores, adotando medidas preventivas para que o investimento em tecnologia e infraestrutura seja eficaz.

1.2 Objetivos.

O objetivo geral deste trabalho é elaborar um sistema para levantar, analisar, classificar e registrar as causas das falhas humanas involuntárias no sistema produtivo de uma indústria de couro.

Como objetivos específicos:

- Determinar quais fatores que envolvem as falhas humanas involuntárias na produção;
- Classificar e hierarquizar as causas das falhas humanas conforme a Árvore de Causas dos Erros Humanos;
- Gerar um relatório com as causas mais comuns encontradas nos incidentes e acidentes ocorridos no sistema produtivo da agroindústria estudada;

1.3 Justificativa

Segundo Berkson e Wettersen (1982), é provavelmente mais importante e produtivo questionar-se, como aprender com as falhas humanas para que estas não voltem a ocorrer ao invés de questionar-se continuamente quanto à

incidência, ou que proporção de acidentes, incidentes ou problemas são ocasionados por estas.

A busca pela confiabilidade do ser humano, leva, inevitavelmente, a conhecer mais sobre a falha humana porque o histórico da confiabilidade industrial demonstra que a maior parte das falhas de que se tem registros nos últimos tempos, existentes nos sistemas homem-máquina, são de natureza humana gerando elevadas perdas humanas e monetárias.

“A falha humana se constitui numa das maiores preocupações no gerenciamento de qualquer área de trabalho, devido ao grande número de perdas que ocasiona(...) No cotidiano de uma fábrica ou empresa, já estamos acostumados com a falha humana porque nos habituamos com o conceito de ser a confiabilidade humana muito baixa, e esta situação tem se tornado crítica quando nos defrontamos com os sistemas de alta complexidade e de alto risco, existentes principalmente em plantas de produção contínua ...” COUTO (1996 : 241)

As agroindústrias empregam um grande número de trabalhadores do mercado de trabalho secundário, advindos de atividades rurais, sem experiência nos processos industriais. Mesmo assim exige destes: aptidão e capacidade acurada para o perfeito desempenho de suas funções dentro do sistema produtivo.

Quando a organização é do segmento alimentar, saúde ou automobilístico as falhas humanas podem estar afetando a vida dos consumidores, tornando se assim foco de grande preocupação por parte das mesmas. A não-consideração das falhas humanas pode trazer prejuízos às organizações e às pessoas, como já mencionados e também à sociedade de uma forma geral com acidentes ambientais.

A análise das causas destas falhas humanas é uma das ferramentas de prevenção para que as agroindústrias continuem gerando emprego e renda na região onde se encontram instaladas, colaborando assim com desenvolvimento regional.

1.4 Delimitação do estudo

A revisão bibliográfica abordou os temas: Falhas humanas, Teoria Geral de Sistemas, Cultura Organizacional, Qualidade e Treinamento.

Segundo SLACK (1997) encontra-se falha humana de dois tipos: erros e violações. As violações podem ter as causas ligadas à área da psicologia e da fisiologia, que não foram abordados neste trabalho, não desprezando de maneira alguma a sua importância, mas a intenção deste é somente focar as falhas humanas não intencionais conhecidas por erro humano. Portanto, quando o termo Falha Humana for utilizado neste trabalho estará se referindo ao Erro Humano.

Foi estudado todo o processo produtivo embora se tenha dado ênfase na análise e sugestões em relação à etapa produtiva que envolve os fulões (curtimento e caleiro). Isto se justifica pelo fato de ter se verificado durante o estudo que são os locais que apresentaram maiores problemas relacionados ao tema neste tipo de agroindústria (curtume).

Quando o termo empresa é adotado neste trabalho estará se referindo a uma organização social, tendo sua definição na fundamentação teórica, no tema cultura organizacional.

1.5 Metodologia geral da pesquisa.

A pesquisa é documental, qualitativa e quantitativa. O método predominante foi o estudo de caso, uma vez que, os resultados obtidos a partir de dados

primários² da própria organização foi por meio de entrevistas. Os dados secundários³ foram utilizados de forma complementar enriquecendo com informações específicas que estão diretamente relacionadas ao desempenho da organização.

1.6 Estrutura do trabalho.

No capítulo 1 são apresentados a Introdução, Objetivos deste trabalho, Justificativa pela escolha do tema em questão, metodologia aplicada para a coleta, análise e conclusões apresentadas e esta estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 é realizada a revisão bibliográfica apresentando os seguintes temas: Falhas Humanas, Teoria Geral dos Sistemas, Cultura Organizacional, Qualidade e Treinamento.

No Capítulo 3 com a revisão bibliográfica sobre agroindústria, apresentação do Estudo de Caso com o levantamento, análise, classificação e registro das causas das falhas humanas. São também apresentados as recomendações de prevenção, com a finalidade de diminuir ou minimizar as causas mais comuns das falhas humanas no sistema produtivo.

No Capítulo 4 serão apresentadas as conclusões e sugestões para futuros trabalhos.

² **Dados primários:** aquelas obtidas a partir de informações da própria organização estudada.

CAPITULO 2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Objetivando fundamentar alguns elementos diretamente relacionados a à Falha Humana serão abordados seus conceitos, classificações, causas , algumas técnicas de avaliação e a sua relação com a ergonomia.

Para subsidiar a análise crítica desta dissertação ainda seguem os seguintes temas encadeados em seqüência lógica: a Teoria dos Sistemas indispensável para a compreensão do sistema homem-máquina onde ocorrem estas falhas. Dentro do sistema homem-máquina, num processo produtivo, estão inseridas as interações do homem e da máquina e a Ergonomia é a ciência que estuda as interfaces destas interações.

Como a cultura organizacional se constitui também em atitudes que buscam ações preventivas e corretivas importantes no sistema produtivo, se torna importante relaciona-la porque ela pode se constituir uma barreira ou um impulso na busca da prevenção das Falhas Humanas

Faz-se menção também à Qualidade porque trabalha com a prevenção para diminuição de retrabalhos e refugos que podem ter origem nas Falhas Humanas.

A busca pela prevenção pode encontrar no Treinamento uma excelente ferramenta contra as falhas humanas do tipo erro humano decorrentes da falta de capacidade⁴ que pode ser uma das causas das Falhas humanas apontada pela Árvore de causas do Erro Humano.

³ **Dados secundários:** provém de fontes diversas como: jornais especializados e não especializados, artigos científicos, relatórios de atividades, outras publicações de organizações, dissertações, bibliografias da área.

⁴ **CAPACIDADE:** qualidade que uma pessoa ou coisa tem que possuir para satisfazer certo fim: aptidão; FERREIRA (1993 : 23)

2.1 Falhas humanas.

Segundo o Instituto de Engenharia Nuclear IEN (2001), na reavaliação dos grandes acidentes do século no campo tecnológico, dentro e fora do setor nuclear, chegou-se à conclusão de que as causas tiveram raízes ligadas muito mais a falhas humanas do que as falhas de equipamentos ou sistemas, e por isso, a falha humana tem sido o foco de estudos de órgãos reguladores em todo o mundo.

“Em momento algum pode-se desprezar que o homem é o eixo central de todas as considerações. Ele é o mais complexo de todos os sistemas. Porém apesar de seu desempenho ser afetado por diversos fatores externos ao binômio homem-máquina, sem ele não haveria nenhum sistema. Cabe pois, considerar que o homem e máquina se complementam entre si, compartilhando atividades.” BARROS(1996: 40).

O fato de o homem ser mais susceptível às alterações do meio, no complexo sistema homem-máquina tem aberto vários campos de estudos sobre as falhas humanas, além da engenharia e administração. E estes estudos têm se intensificado com o fato de que alguns dos acidentes graves dos últimos 20 anos terem sido ocasionados por falhas humanas. A seguir apresentaremos alguns exemplos onde a falha humana se faz presente:

Na cidade japonesa de Tokaimura em 1999 um acidente com um reator atômico, com vasto vazamento de radiação, aconteceu devido ao fato de que, em um reprocessador de urânio, um funcionário da usina utilizou urânio demais. O que causou uma reação em cadeia, fundindo, e depois vaporizando o material, que se espalhou por até 15 Km ao redor. Esse acidente pode ter sido pior do que o de *Chernobyl*, pelo número de pessoas diretamente envolvidas (Fonte:http://inorgan221.iq.unesp.Br/quimgeral/jornal/desastre_nuclear.html)

O acidente de Chernobyl (anexo1, p.99), segundo COUTO (1996), aconteceu no dia 26 de abril de 1986, quando o reator inteiro explodiu irradiando radiação através da Ucrânia, Bielorrússia, o leste e o oeste europeu, e, com o passar dos dias, para o mundo inteiro. O desastre de *Chernobyl* aliou falhas de projeto do reator e falhas humanas, pois os engenheiros que haviam vindo de Moscou para testes de potência, não interpretaram os sinais de superaquecimento do reator.

Segundo o mesmo autor, problemas de super aquecimento de reator foi também a razão do primeiro caso sério de desastre nuclear, em *Three Mile Island* (anexo2, p. 104), ocorrido em 28 de março de 1979: devido ao aquecimento do reator que os operadores não perceberam. Por causa de uma falha técnica, aumentou a pressão e a temperatura da água do sistema de arrefecimento do urânio, causando a abertura de uma válvula de segurança. Quando a pressão voltou ao normal, a válvula, que deveria fechar, não fechou e os engenheiros continuaram sem perceber nada, quando perceberam, duas horas depois, a água de resfriamento havia evaporado e entrado na atmosfera.

Havia a necessidade de resfriar os tubos de urânio extremamente quentes, e nova água fria foi adicionada, o que rompeu os tubos. *Three Mile Island* tinha dois reatores, o acidente aconteceu no número um, que até hoje está desativado. Aconteceu a ruptura dos tubos de urânio, e o prédio não explodiu, como aconteceria em Chernobyl.

Um outro caso apresentado por COUTO (1996) foi o de *Bhopal*, houve um vazamento de metil-isocianato da planta química causou a morte de pelo menos 2000 pessoas e lesões permanentes em outras milhares. A causa direta do desastre foi a contaminação de um tanque de armazenamento de metil-isocianato com algumas toneladas de água. Ocorreu uma reação violenta, causando a elevação de temperatura e da pressão, a válvula de alívio atuou e vapores de metil-isocianato foram descarregados para a atmosfera. O sistema de segurança

que deveria prevenir ou evitar o escape de vapores de metil-isocianato não estava em condições de funcionamento: o Sistema de Refrigeração que deveria resfriar o tanque encontrava-se parado; o Sistema de Lavagem de Gases que deveria absorver o vapor não estava disponível; e finalmente, a tocha que deveria queimar qualquer vapor residual do Sistema de Lavagem de Gases estava fora de uso. Uma das causas mais importantes, geradora do acidente, foi a falha em manter equipamentos de segurança em boas condições de operação. Exigências básicas de segurança foram ignoradas.

Desta forma podemos verificar que as falhas humanas estão presentes nas histórias de acidentes conhecidos e muitos outros acidentes que não são do conhecimento público podem estar relacionados com a falha humana.

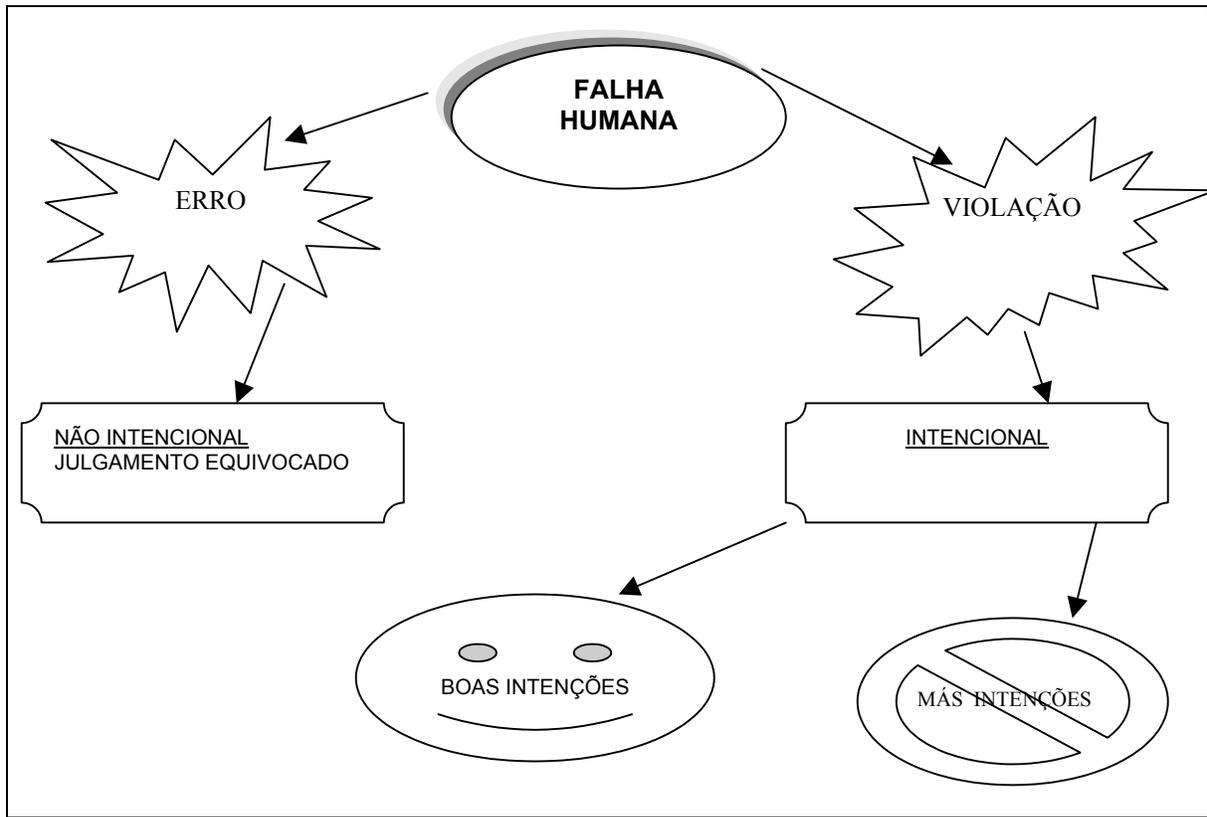
2.1.1. Definições.

A generalidade das pessoas tem uma idéia aproximada do que significa a palavra falha, mas a comunicação das idéias técnicas, implica dar definições técnicas. Como já mencionado neste trabalho quando estiver evidenciado o termo Falha Humana, estará se referindo ao tipo Erro Humano, pois para Slack (1997; 622) falhas humanas são de dois tipos :

“Falhas de pessoas são de dois tipos: erros e violações. “Erros” são enganos de julgamento; a posteriori, percebe-se que alguém deveria ter feito algo diferente e o resultado é algum desvio significativo da produção normal. Por exemplo, se o gerente de uma loja de artigos esportivos falhar na antecipação de um aumento da demanda de bolas de futebol durante a Copa do Mundo, a loja esgotará seu estoque e não atenderá seus clientes potenciais. Este é um erro de julgamento. “Violações” são atos que são claramente contrários ao procedimento operacional definido. Por exemplo, se um operador de máquina não limpar ou lubrificar a máquina da forma prescrita, haverá probabilidade de esta falhar. O operador “violou” um procedimento estabelecido.”

A falha humana ,conforme a figura 1, pode ser dividida em erros humanos e violação, a violação pode ocorrer intencionalmente por más intenções , mais conhecidas como sabotagem ou por hábitos, com boas intenções como nas soluções individuais buscando maior rapidez na produção.

FIGURA 1 : Tipos de Falhas Humanas



A falha humana do tipo erro é encontrada quando acontece fechamento indevido de uma válvula, não atenção a um alarme, considerados não intencionais. O essencial é descobrir porque o operador cometeu esta falha.

Erros humanos e violações são constantemente encontradas nas análises de acidentes nas organizações, e acontecem por causas e ações preventivas distintas como a tabela 1 a seguir apresentará.

Tabela 1 : Comparação de erros e violações.

ERROS	VIOLAÇÕES
Origem principalmente relacionada à informação (informação incorreta ou incompleta leva ao erro)	Origem principalmente relacionada à motivação (certas atitudes, normas sociais ou a cultura organizacional encorajam a violação)
Erros são não intencionais	Violações são tipicamente deliberadas (intencionais)
Podem ser explicados em termos de características individuais de processamento de informações	Devem ser entendidas em relação ao contexto social
Erros podem ser remediados melhorando as informações relevantes	Violações somente podem ser remediadas pela mudança de atitudes, normas sociais e cultura organizacional.

Fonte: Reason apud Viller et al. (1999:672)

Como já foi explicado anteriormente no item de delimitação do estudo, a falha humana que é escopo deste trabalho é o do tipo erro, não se aprofundando no estudo das violações.

Segundo FIALHO e SANTOS (1995), o erro humano é um desvio referente a uma norma existente, um comportamento de trabalho que deveria ter sido seguido.

O erro humano para DEJOURS (1997:24) deve ser considerado como pertencente a dois grupos de hipóteses possíveis:

“ No primeiro grupo, evoca-se a negligência ou a incompetência. Trata-se aqui de pressupostos que, a não ser raramente, são formulados como hipóteses a serem verificadas. Pode-se então qualifica-las de hipóteses fracas(...) No segundo grupo de hipóteses, o erro ou a falha não procedem da negligência ou da incompetência dos operadores. Elas procedem, sobretudo de um erro ou de uma insuficiência da concepção e da prescrição.”

Esta negligência ou incompetência é considerada hipótese fraca dada ao pressuposto que toda organização tem uma descrição do cargo .A insuficiência da

concepção e da prescrição pode ser ocasionada por uma série de fatores desde a complexidade operacional, complexidade do meio, complexidades do gênero humano, informações complexas e muitas outras ainda.

Segundo Skinner (1974) o comportamento humano, está baseado em três parâmetros: entrada para o estímulo S, o qual é percebido pelo indivíduo como uma mudança de estado, resposta interna O, que é a percepção e integração do dito estímulo por parte da pessoa e uma resposta externa R, reação física do indivíduo.

Segundo o autor se um dos três componentes, S-O-R, do comportamento humano, se alterar, surge a falha humana. Exemplos destas alterações, conforme segue: Efeitos das flutuações físicas no ambiente, que não desencadeiam o estímulo S.

- Muitos estímulos S não interpretáveis pela pessoa;
- Os estímulos S percebidos, e cujo significado não é entendido;
- O estímulo S é corretamente entendido, mas a resposta correta, R é desconhecida;
- A resposta correta R, para um estímulo S, é conhecida, mas supera as habilidades da pessoa;
- A resposta correta R, está dentro das capacidades humanas, mas é feita de forma incorreta ou fora de seqüência.

“ Nesse conceito estão implícitos três elementos: uma ação humana variável; uma transformação do ambiente (ou máquina) que não atenda a determinados critérios; e um julgamento da ação humana frente a esses critérios. “IDA (2000:330)

Como já mencionado a Falha Humana é um desvio do padrão esperado, por outro lado segundo FIALHO e SANTOS (1995: 211) “, quando estas ordens e

instruções não existem, ou não foram dadas, o erro é estimado a partir dos resultados indesejáveis do trabalho.”



A falha humana então pode ser vista sob dois enfoques, um seria o não cumprimento de padrões pré-estabelecidos (etapas, procedimentos) e o outro sobre o resultado que não é o esperado mesmo quando não há padrões de procedimentos a serem seguidos.

Para FERREIRA (1993:217, 243) “errar é cometer erro, enganar-se, falhar e ; falhar é não acertar, errar, não suceder como se esperava.” Diante destes conceitos, no primeiro o erro é uma falha humana não intencional e diante do segundo; erro e falha são sinônimos.

A falha humana do tipo erro pode ser considerada como um ato que envolve um desvio não intencional dos códigos de comportamento do ser humano, onde os dois componentes mais importantes de todas estas definições são: de um lado, um acionar não intencional de um ator e por outro, que a ação planejada deve ter como condicionante, não exceder as funções projetadas pelo sistema homem-máquina.

2.1.2 Classificação.

Há diversas maneiras de classificar as falhas humanas do tipo erro humano sendo as mais utilizadas:

a) Os erros humanos classificados pelo nível de atuação do organismo:

“Erros de percepção - São os erros devidos aos órgãos sensoriais, como falha em perceber um sinal, identificação incorreta de uma informação, erro na classificação ou codificação e outros.

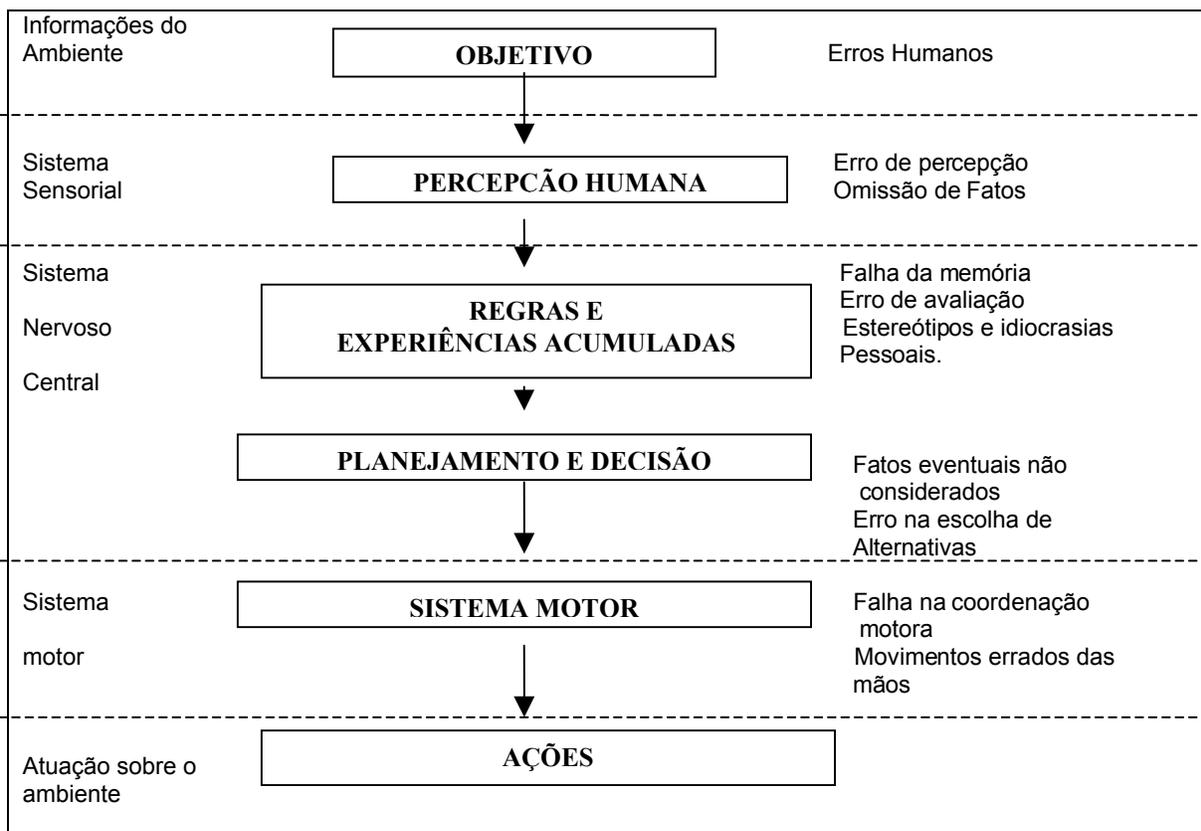
Erros de decisão - São aqueles que ocorrem durante o processamento das informações pelo sistema nervoso central, como erros de lógica, avaliações incorretas, escolha de alternativas erradas e outros.

Erros de ação – São os erros que dependem de ações musculares, como posicionamento errados, trocas de controles ou demoras na ação.”

IIDA (2000: 332)

Os erros baseados no nível de atuação do organismo acontecem na interação homem-máquina, nos julgamentos que o homem faz em relação à informação disponibilizada pela máquina, podendo acontecer em diversos níveis de percepção e processamento de informações , apresentados na figura 2:

Figura 2: Exemplos de erros humanos que ocorrem em diversos níveis de percepção e processamento das informações.



Fonte: IIDA (2000:332)

b) Os erros humanos podem ser classificados do ponto de vista econômico, como recuperáveis e irrecuperáveis segundo KANTOWITZ e SORKIN (1983:32):

“ Erro recuperável é aquele que tem potencial de causar danos porém devido a sorte ou a um bom projeto ergonômico que antecipe possíveis erros, nada sério acontece realmente. Erro irrecuperável é aquele onde não é possível evitar as sérias conseqüências. Os erros recuperáveis não devem ser ignorados pois revelam inadequações do projeto (do equipamento ou do processo).”

Os erros recuperáveis, como podem ser corrigidos, são os que menos atenção recebem das empresas no sentido de prevenir, pois acarretam custos menores, que podem ser absorvidos pela produção. Para essas empresas não há necessidade de iniciar uma análise de suas causas, pois programas de prevenção alterarão o “status quo” gerando custos desnecessários. O erro irrecuperável pode ter como causa principal um erro recuperável que por não ter sido prevenido acarretou prejuízos muito maiores do que programas preventivos.

Alguns acidentes sérios na história das empresas tiveram suas causas em erros anteriores que foram de alguma maneira somente corrigidos e seguiram normalmente até culminarem em desastres. O caso mais recente do acidente da plataforma P 36 da Petrobrás na Bacia de Campos, a plataforma já apresentava problemas dez dias antes da explosão de 15 de março, que além de provocar o derramamento de óleo no mar ainda causou o seu naufrágio. Segundo denúncia recebida pela comissão externa da Câmara que apura as causas do acidente, responsável pela morte de 11 pessoas. De acordo com o relato feito por engenheiros da estatal a deputados, pelo menos duas colunas de sustentação tinham trincas e rachaduras e teriam estado em manutenção no período. A coluna que explodiu também teria rachaduras. As investigações sobre o acidente com a plataforma P-36 da Petrobrás, "apontam na direção de uma negligência". A prioridade é descobrir o responsável pelo fato de a P-36 não ter parado de produzir para que um defeito, apontado em um boletim diário de produção, fosse sanado. *Jornal do Commercio—Recife (2001)*

c) Segundo Lewis (1987):

- O erro aleatório é aquele que se encontra disperso sobre o valor desejado, sem precisão, existindo uma grande variação com relação ao valor correto.
- O erro sistemático é aquele onde a dispersão é suficientemente pequena, mas com um desvio do valor principal.
- O erro esporádico é o mais difícil de ser tratado e é causado por mudanças bruscas. É cometido quando os atos das pessoas são extremadamente cuidadosos, esquecendo totalmente alguma coisa, efetuando uma ação não correta ou contrariando a ordem na qual deveria ser efetuado.

d) SWAIN e GUTTMAN apud KANTOWITZ e SORKIN (1983:32):

- erro por omissão;
- erro por ação;
- erro por ato externo;
- erro seqüencial; e
- erro de tempo.

Esta classificação aponta erro por omissão quando ocorre na ausência de uma das etapas da tarefa; o erro por ação ocorre, como seu próprio nome acusa, quando se realiza determinada tarefa de maneira incorreta. O erro por ato externo, erro seqüencial e erro de tempo podem ser considerados como categorias diferentes de erro por ação. O erro externo existe quando algo acontece desviando a atenção do binômio homem-maquina de suas tarefas e provocando assim situações de risco eminente para erros. O erro seqüencial acontece por alteração na seqüência certa de realização das tarefas. E o erro de tempo acontece por uma tarefa ter sido realizada ou antes ou depois do tempo certo.

e) Deslize.

O deslize é um termo reservado para o tipo de erro humano, no qual a pessoa tem a informação necessária, tem a capacidade de executar a tarefa, não passa por nenhuma situação especial de pressão e mesmo assim, falha.

“Fisiologicamente, o deslize é explicado pelo fato de se ter passado aquela atividade humana para o nível automático das ações; em outras palavras, aquela ação não mais está no nível voluntário consciente, mas foi passada para o “piloto automático”. Geralmente os deslizes ocorrem quando o indivíduo tem uma distração momentânea, ou quando, naquele instante, tem que fazer duas ou mais coisas ao mesmo tempo, ou quando é premido pelo tempo.” COUTO (1995::245)

Simplesmente o operador, por agir tão automaticamente, em determinado momento esquece algum dos procedimentos padrões em sua rotina diária causando sérios problemas. Este é o tipo de erro encontrado normalmente em serviços repetitivos.

f) Os lapsos, segundo GUBER (1998) são classificados em seis categorias diferentes:

- f.1) *erro de captação*, se refere à substituição da atividade que se pretendia realizar, por aquela ação que o indivíduo realiza com frequência. Acontece sempre que das seqüências de ação diferentes, tenham etapas iniciais comuns e uma delas seja pouco conhecida e a outra seja habitual.
- f.2) *erro de descrição*, leva o nome, porque a descrição interna da intenção, não é o bastante precisa para realizar a ação prevista.
- f.3) os erros de descrição, levam a realizar a ação correta, com o objetivo incorreto. Este erro é mais freqüente, quando os objetivos corretos e incorretos, estão perto, física e formalmente.
- f.4) *erros derivados de dados*, se referem aos que freqüentemente chegam à nossa mente, como dados de caráter sensorial; se somamos que muitas das ações humanas são automáticas, existe a possibilidade

que numa seqüência de ação em curso, aconteça uma intromissão de tais dados sensoriais, provocando um comportamento que não é o pretendido.

f.5) *erro denominado por ativação associativa*. , ocorre quando o indivíduo esquece parte, de tudo, do que tem que fazer. Esta classe de lapso, é conhecido como *erro por perda de ativação*.

f.6)os *erros de modo*, se produzem quando os mesmos dispositivos ou interfaces, têm diferentes modos de serem operados, induzem ao erro, pelo fato de o ato efetuado para um dos modos de operação ser o indicado para o outro modo de operação .

G) Para PALADINI (2000 : 151):

“Como se sabe, existem três tipos clássicos de erro observados na ação da mão-de-obra no processo: (1) o erro técnico (deriva da falta de capacidade, competência, habilidade ou aptidão); (2) o erro intencional (gerado propositadamente), e (3) o erro por inadvertência.. Este último tipo de erro é caracterizado por sua forma não intencional e decorre, em geral, de desatenção.”

O erro técnico que deriva da falta de capacidade, competência, habilidade ou aptidão pode ter como solução um treinamento específico , o erro intencional não será aqui abordado e o erro por inadvertência compartilha sua caracterização com o deslize e lapso.

Os erros também podem se classificar segundo o seu custo, mas esta classificação não é muito exata, porque um mesmo erro pode trazer diferentes custos, dependendo das circunstancias externas

A classificação torna possível identificar as falhas humanas seguindo critérios pré concebidos e para a opção quanto a sua adoção, conveniente será a que melhor atenda a cultura organizacional em questão. Além de atender a

cultura organizacional, a opção deve ser de fácil assimilação para os funcionários que levantarão os dados para a análise e classificação da Falha Humana.

2.1.3 A análise dos erros humanos.

No sistema organizacional é possível encontrar erros segundo FIALHO e SANTOS (1995) na atividade individual do trabalho, na atividade coletiva de trabalho e no funcionamento do conjunto do sistema homem-tarefa. Logo quando uma análise de erro humano for realizada ela necessita primeiramente analisar dentro de qual destes contextos acima relacionados é que este erro humano ocorreu.

Na análise da confiabilidade humana, existem uma serie de passos, que conformam a base para o análise do sistema homem-máquina. Swain e Guttman, (1980), estabeleceram os seguintes dez passos, para uma análise completa:

- Descrever os objetivos e funções do sistema;
- Descrever as características situacionais;
- Descrever as características pessoais;
- Descrever as tarefas das pessoas;
- Analisar as tarefas para detectar possíveis situações onde poderia acontecer o erro;
- Estimar a probabilidade de cada erro potencial;
- Estimar a probabilidade de cada erro não corrigido;
- Determinar as conseqüências dos erros não corrigidos;
- Idear mudanças para incrementar a confiabilidade do sistema;
- Voltar pelos nove passos anteriores e avaliar as mudanças sugeridas.

Escolhe-se o processo que atenda os objetivos e funções do sistema, descrevendo cada etapa dos processos consegue-se levantar as características

situacionais, na seqüência descreve-se as características pessoais especificando quais capacidades serão necessárias para desenvolver cada etapa dos processos. Com as características pessoais definidas, descreve-se a tarefa de cada funcionário enumerando todos os passos a serem seguidos e a maneira como eles devem ser realizados, com estes dados analisa-se as tarefas para detectar situações onde poderia acontecer o erro.

A intenção de estimar a probabilidade de cada erro potencial é a de classificá-los e descrever providências que devem ser tomadas quando estes ocorrerem. Estimando a probabilidade de cada erro não corrigido verifica-se quantos erros poderiam ser corrigidos se tivessem sido tomadas as providências sugeridas na etapa anterior. Levantada a probabilidade de cada erro não corrigido determinam-se as conseqüências destes e pode-se classificá-los pelo grau de gravidade. Com os dados sobre os erros potenciais, erros não corrigidos e suas conseqüências, há condições de planejar ações preventivas. O décimo passo seria de avaliação e correções necessárias sobre as ações tomadas.

Para uma análise correta das causas que levaram a um erro humano é indicado que se reconstitua todos os procedimentos; o que dificilmente se consegue “ (...) nem sempre o relator de uma investigação sobre a falha humana consegue reconstituir com precisão o que se passou nos recônditos do pensamento da pessoa que cometeu o erro, antes e durante a ocorrência do mesmo.” COUTO (1886:242)

È aconselhável primeiro definir claramente o que ocorreu no processo produtivo, por exemplo: número menor de peças produzidas ou com proporções diferentes das especificadas, e segundo, coletar informações no local e logo após a ocorrência.

“Existem muitas condições que podem agravar os erros. Entre estas podem citar-se a falta de treinamento, instruções erradas, fadiga, monotonia, “stress”, posto de trabalho deficiente, organização inadequada do trabalho e outros.” IIDA (2000:332)

Sobre a análise o que realmente interessa ao analista do erro humano segundo FIALHO e SANTOS (1995) é que o resultado do incidente ou acidente seja revelador de um erro, que tenha afetado o modo operativo, do indivíduo que desenvolve a atividade de trabalho.

A análise do erro pode permitir a identificação de algum desvio cometido na norma pré-estabelecida ou ainda um determinado comportamento que tenha levado a um resultado não esperado , e para realizar tal análise o analista necessita conhecer bem a norma (quando ela existe) e/ou dispor de meios para acompanhar a execução da tarefa (ao menos os passos fundamentais).

Segundo MONTMOLLIN (1990), os erros são de dois tipos os erros de superfície (slips) e os erros profundos (mistakes). O primeiro quando se apresenta uma atitude involuntária se caracterizando por uma confusão, quando um operador deveria ter optado por determinado controle e acabou utilizando outro, a análise deste é muito simples e a ergonomia muito auxilia para que estes tipos de erros sejam minimizados, modificando a maneira como os dispositivos estão colocados, ou seus tamanhos, cores, etc. Já os tipos de erros profundos são mais complicados de analisar e prevenir, porque neste caso o que levou ao erro foram os conhecimentos, objetivos e raciocínios. |Eles ocorrem por diagnósticos equivocados que o operador realizou de determinada situação, e estes erros para os ergonomistas são então chamados de falha em vez de erro.

Para os ergonomistas as falhas humanas vão exigir um grau de atenção extra em relação aos erros provocados por uma confusão, porque irão envolver o lado cognitivo do ser humano, seus modelos de entendimento, suas lógicas , suas

interpretações , que precisarão ser entendidas por ocasião da análise de suas causas.

“Todavia, a análise da gênese do acidente de *Three Miles Island* foi feita de maneira particularmente notável por Perrow(1982). Ele mostra que análise do trabalho, e, de um modo mais geral, a análise da situação permitem pôr em seu devido e limitado lugar a “falha” dos operadores e mostrar a importância dos erros de concepção e de realização, assim como do mau estado do sistema técnico ligado aos meios demasiado débeis do sistema de manutenção.

O erro humano, escreve Perrow, é freqüentemente citado como a causa mais importante do acidente. Esta tese deve ser examinada minuciosamente, pois oculta mais coisas do que explica.” WISNER (1994 : 62,63)

Segundo o autor supra citado o que é imprescindível para análise da falha humana seria uma prévia análise do trabalho e da situação , porque estas podem apresentar falhas de concepção, falhas do sistema e outras que na realidade seriam as verdadeiras causas da falha .

A investigação das causas das falhas humanas pode indicar que a implantação de uma nova tecnologia, assim como o corte de pessoal qualificado em função de um momento de dificuldade financeira ou de uma competição globalizada também favorecem as condições para que ocorram falhas humanas . Portanto as falhas humanas merecem ser analisadas com cuidado, pois elas podem apontar falhas administrativas que podem provocar prejuízos ainda maiores do que a falha de um operador em um determinado setor da empresa.

2.1.3.1 A técnica de análise do Tipo FMEA

Apesar de ter sido desenvolvida com um enfoque no projeto de novos produtos e processos, a metodologia FMEA, pela sua grande utilidade, passou a ser aplicada de diversas maneiras. Assim, ela atualmente é utilizada para diminuir as falhas de produtos e processos existentes e para diminuir a probabilidade de

falha em processos administrativos. Tem sido empregada também em aplicações específicas tais como análises de fontes de risco em engenharia de segurança e na indústria de alimentos.

Segundo SLACK (1997) a metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo. Este é o objetivo básico desta técnica, ou seja, detectar falhas antes que se produza uma peça e/ou produto. Pode-se dizer que, com sua utilização, se está diminuindo as chances do produto ou processo falhar, ou seja, estamos buscando aumentar sua confiabilidade. SLACK (1997: 629):

“O objetivo da análise do efeito e modo de falhas é identificar as características do produto ou serviço que são críticas para vários tipos de falhas. É um meio de identificar falhas antes que aconteçam, através de um procedimento de “lista de verificação” (check- list); que é construída em torno de três perguntas-chave. Para cada causa possível de falha:

- Qual é a probabilidade de a falha ocorrer?
- Qual seria a consequência desta falha?
- Com qual probabilidade essa falha é detectada antes que afete o cliente?”

Segundo BROCKA(1994) para aplicar a análise FMEA em um determinado produto/processo, portanto, forma-se um grupo de trabalho que irá definir a função ou característica daquele produto/processo, irá relacionar todos os tipos de falhas que possam ocorrer, descrever, para cada tipo de falha suas possíveis causas e efeitos, relacionar as medidas de detecção e prevenção de falhas que estão sendo, ou já foram tomadas, e, para cada causa de falha, atribuir índices para avaliar os riscos e, por meio destes riscos, discutir medidas de melhoria.

Para SLACK (1997) o formulário FMEA é um documento “vivo”, ou seja, uma vez realizada uma análise para um produto/processo qualquer, esta deve ser revisada sempre que ocorrerem alterações neste produto/processo específico. Além disso, mesmo que não haja alterações deve-se regularmente revisar a análise confrontando as falhas potenciais imaginadas pelo grupo com as que realmente vem ocorrendo no dia-a-dia do processo e uso do produto, de forma a permitir a incorporação de falhas não previstas, bem como a reavaliação, com base em dados objetivos, das falhas já previstas pelo grupo.

A metodologia FMEA é importante porque pode proporcionar para a empresa:

- uma forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos;
- melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos;
- ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua);
- diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas;
- o benefício de incorporar dentro da organização a atitude de prevenção de falhas, a atitude de cooperação e trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes;

2.1.3.2 Técnica da Análise de Incidentes Críticos (TIC)

Outra técnica utilizada é análise crítica de incidentes (TIC), que segundo SLACK (1997) pode ser utilizada tanto para serviços quanto para produtos. Os clientes são solicitados a descreverem situações ou incidentes que causaram satisfação e insatisfação . De posse destas informações a equipe irá analisar em detalhes os fatores que ocasionaram satisfação e o descontentamento. Esta técnica é amplamente utilizada pela área de serviços , na área industrial ela pode ser utilizada com cada cliente interno dentro do sistema produtivo.

2.1.3.3 Técnica da “Árvore de Causas do Erro Humano”.

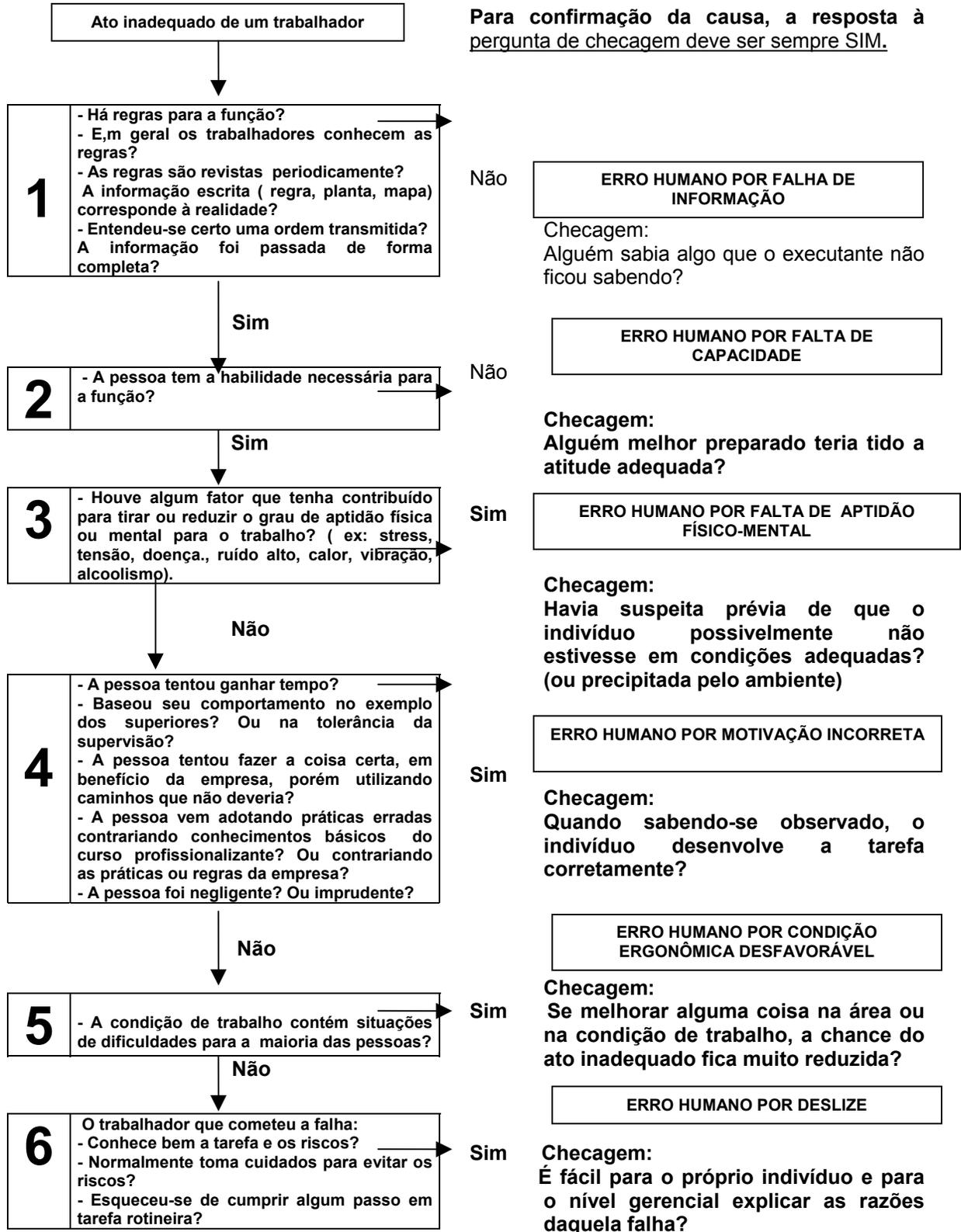
A técnica de análise da Árvore de causas do Erro Humano é amplamente utilizada pelos Técnicos em Segurança do Trabalho porque segundo FERRÃO(1996) ela possibilita uma análise abrangente de uma ocorrência apontando possíveis falhas acontecidas até na aplicação das medidas preventivas, além das causas diretas e indiretas do acidente.

Por esta razão que no Estudo de Caso da Agroindústria-Curtume que é foco deste trabalho optou-se pela utilização desta técnica que será estendida também para análise de incidentes e problemas que envolvam falhas humanas, além dos acidentes que ocorram na produção.

“técnica bastante utilizada é a árvore de causas para estudo do erro humano, que possibilita deduzir quanto aos principais fatores causadores da falha humana após a ocorrência de acidentes, perdas e quase-acidentes, e assim deduzir quanto a medidas de melhoria da confiabilidade humana.” COUTO (1995: 267):

Com esta técnica é possível analisar se o que causou a falha humana do tipo erro tem só um fator responsável ou uma combinação deles . “Este é um procedimento lógico que começa com uma falha ou uma falha em potencial e trabalha” para trás”, com finalidade de identificar todas as possíveis causas e, portanto, as origens dessa falha.” SLACK(1997:631)

Conforme COUTO(1995) há diversas árvores de causas disponíveis, algumas mais complexas, outras mais simples, e a organização deve ter fidelidade àquela que proporcione respostas eficazes.Ele elaborou o modelo que contém a forma gráfica demonstrada na figura 3.



Segundo COUTO(1995) a aplicação deve consistir de uma entrevista com a chefia e o trabalhador que cometeu a falha humana; encontrando uma fonte muito rica de material para comparar as diferenças; a decisão final sobre os mecanismos do evento que resultaram em perda será do responsável pelo levantamento das informações, e deverá ter a consistência para passar pelo critério de intersubjetividade ou seja, outro pesquisador ou estudioso poderá chegar à conclusão semelhante.

Mesmo que já encontre a resposta na fase inicial da árvore de causas (por exemplo, erro humano por falta de informação ou falta de capacidade).Deve ser percorrido, toda a árvore até o final, pois é muito freqüente a associação de dois ou mais fatores.Para que se confirme que determinado evento efetivamente foi devido àquela causa, é absolutamente necessário que a resposta à pergunta de checagem seja SIM.

No caso do erro humano por “motivação incorreta”, a pergunta sobre o comportamento da pessoa refere-se a ser observada por uma pessoa que efetivamente signifique referencial de atitude correta; em outras palavras, um supervisor inconseqüente ou que esteja induzindo o trabalhador a cometer o erro ou que também esteja com a motivação incorreta não pode significar referência para esta avaliação.

No caso do erro humano por deslize, quando se afastou toda outra causa; para se caracterizar erro humano por deslize, a resposta deverá ser SIM a todas as perguntas do respectivo quadro da árvore de causas.

A identificação detalhada das causas destas Falhas humanas se torna uma grande necessidade, pois as ações preventivas podem ser completamente diferentes. Falhas humanas serão superadas à medida que suas causas forem detectadas e que medidas preventivas possam ser tomadas pelas organizações.

Sobre as medidas preventivas adequadas a cada causa detectada pela Árvore das dos Erros Humanos será abordada no próximo item.

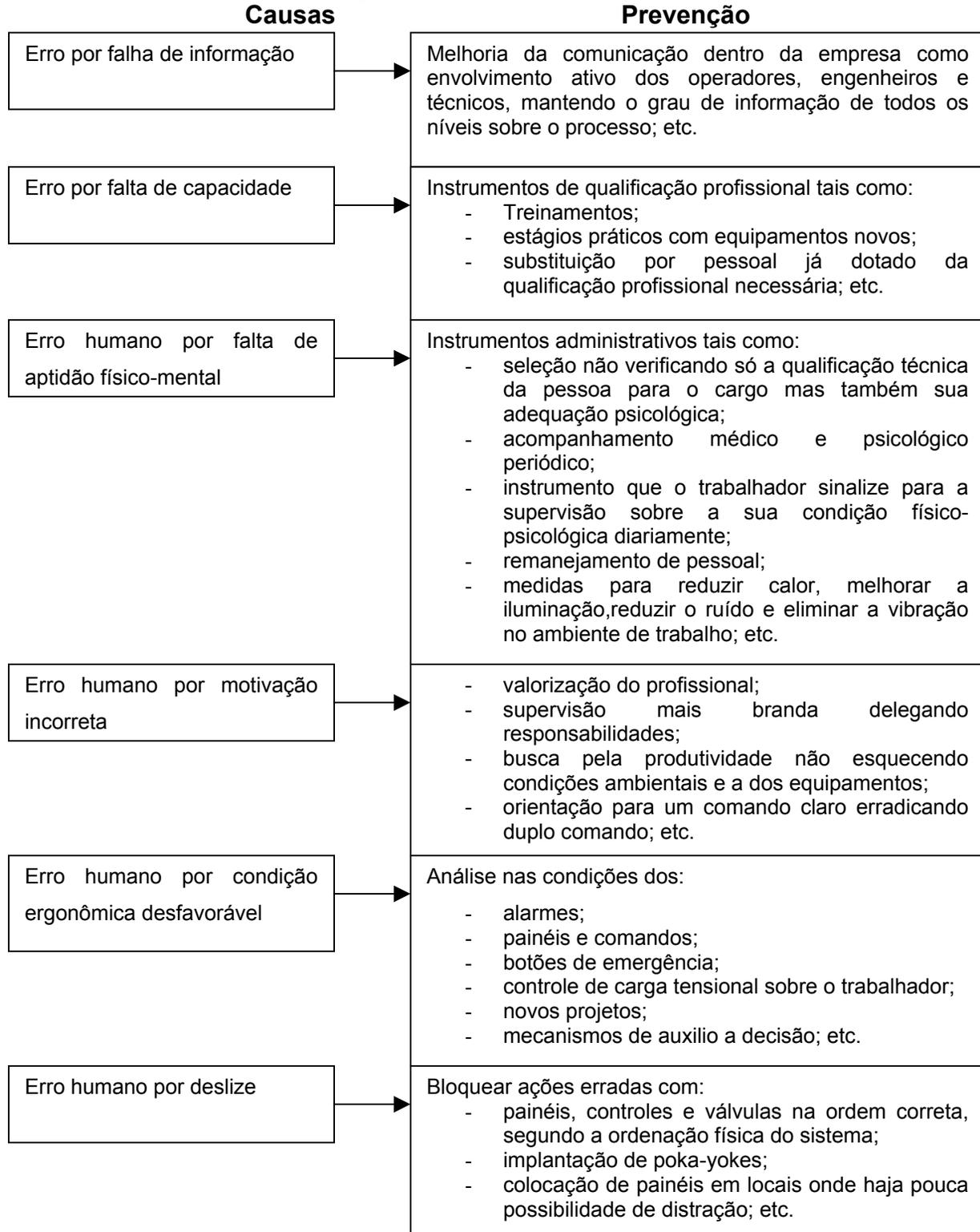
2.1.3.4 Prevenção

Ignorando os impactos negativos das falhas humanas em seus resultados a maioria das organizações toma medidas corretivas paliativas, quando medidas preventivas seriam muito mais eficazes para minimizarem as falhas.

Segundo a técnica da “Árvore das causas dos erros humanos” na figura 4 são relacionadas sugestões de prevenção em relação a cada uma das causas apresentadas na técnica.

Segundo SLACK (1997) o conceito de prevenção de falhas surgiu com a introdução dos métodos japoneses de aperfeiçoamento da produção. Chamados de Poka-yoke (de Yokeru (prevenir) e Poka (erros de desatenção), sua idéia está baseada no princípio de que as falhas humanas são inevitáveis até certo grau. O que é importante é prevenir para que não se tornem defeitos.”Poka-yokes são dispositivos ou sistemas simples (preferencialmente baratos) que são incorporados em um processo para prevenir erros de falta de atenção dos operadores, que provocam defeitos.” SLACK(1997: 634)

Figura 4: Causa e prevenção



Encontram-se hoje em dia estes dispositivos *Poka –yoke* ainda segundo SLACK (1997) nos variados setores da economia, como em gabaritos instalados em máquinas através dos quais uma peça deve passar para ser carregada ou tirada da máquina (tamanho incorreto para o processo), a concha de batatas fritas da rede de lanchonetes *Fast Food MacDonald's*, que recolhe a quantidade certa de batatas fritas, na orientação correta para serem introduzidas no pacote ou ainda bandejas utilizadas em hospitais, com entalhes de forma adequada a cada item necessário para a cirurgia, sendo assim possível verificar se nenhum material foi esquecido no paciente.

JOHNSON (1999:518) expõe por que as pesquisas tem tido apenas um impacto ínfimo na prevenção das falhas humanas.

“a) **o erro humano é inevitável**. Com esta visão os usuários oportunamente recusarão qualquer salvaguarda e medidas de proteção individual e ambiental.

b) **O erro humano não pode ser previsto**. É difícil anteciper as muitas maneiras pelas quais a desatenção e a fadiga ameaçam a segurança, mas é possível prever e remover muitas das condições locais que criam a oportunidade para que a desatenção e a fadiga levem a consequências desastrosas.

c) **a prevenção do erro humano é muito cara**. Com esta visão as forças do mercado impedem as companhias de empregar as técnicas de análise e prevenção que reduzem a contribuição humana aos maiores acidentes.”

O sucesso da gestão moderna em integrar completamente a confiabilidade na produção requer o reconhecimento de que as funções de confiabilidade e produção se interconectem e que a aceitação de prevenir é uma ferramenta mais poderosa e menos cara do que corrigir.

2.2 Cultura Organizacional

Toda empresa tem características próprias de agir perante seus clientes externos e internos, concorrentes, fornecedores, comunidade e governo e estas ações são orientadas por sua cultura. A forma como a organização trata das falhas humanas em sua rotina vai definir a posição do funcionário perante o fato de assumir ou ocultar que falhou. Esta cultura também posiciona uma organização em pró ativa ou pós ativa em relação a falha humana.

O ser humano tem naturalmente o medo de admitir uma falha, por não querer ser culpado e punido. Nas organizações a atitude de quem assume sua falha deve ser valorizada porque este funcionário estará colaborando para o seu progresso profissional e o da organização.

“As pessoas têm medo de apontar problemas por temerem dar início a uma discussão ou, pior, ser culpadas pelo problema.(...) Têm medo de admitir que cometeram um erro e , com isso, o erro nunca é corrigido. No entender de quase todos os empregados, a preservação do *status* quo é o único caminho seguro.”
WALTON (1989: 77)

Além então de não penalizar o funcionário pela falha é conveniente que se estimule a cooperação dos operadores na resolução de problemas decorrentes das falhas humanas e na busca de ações preventivas.

Para DEJOURS (1997:93) “Em outras palavras, a cooperação permite desempenhos superiores e suplementares em relação à soma dos desempenhos individuais. Permite, em especial, que se assumam erros e falhas humanas singulares.”

Para analisar a falha humana dentro das organizações é necessário entender sua cultura e planejar mudanças que posicionem a organização na situação pró ativa, prevenindo-se a respeito das falhas humanas .

2.2.1 Definições.

Na Antropologia, segundo BERNARDES (1995) é utilizado o termo cultura para diferenciar não indivíduos mas sim sociedades, assim exemplificadas pelas diferenças apresentadas nas tribos de indígenas encontradas no Brasil na época do descobrimento em relação aos conquistadores portugueses.

FERRARI apud BERNARDES (1995: 23) define cultura como: “conjunto de ferramentas, utensílios, língua, hábitos, normas, crenças, valores, rituais, objetos para vários fins, sentimentos, atitudes etc. que todos os povos possuem.”

O termo cultura também foi emprestado pela Sociologia pois seu foco de estudo são os agrupamentos sociais. Para FERREIRA (1993:49) cultura é “ é o comportamento, o complexo de padrões de comportamento, de crenças, das instituições e outros valores espirituais e materiais transmitidos coletivamente e característicos de uma sociedade.”

A cultura regional é composta por um código de valores que deve ser seguido por todos seus membros para poderem viver em harmonia.

“a cultura deve ser considerada como um conjunto de mecanismos de controle simbólico, planos, regras, instruções para governar o comportamento de um indivíduo em um determinado contexto social. Em outras palavras, a cultura pode ser considerada como um conjunto de significados partilhados por indivíduos de um mesmo grupo social.” GEERTZ apud ALVES (1997: 207)

Dentro dos agrupamentos sociais existem também diferenças entre alguns grupos de indivíduos que interpretam de maneira bem distinta determinados acontecimentos, ou mesmo a maneira como encaram o trabalho em suas vidas.” Subcultura é a parte da cultura total de uma sociedade que caracteriza um de seus segmentos”. KRECH apud BERNARDES (1995: 23)

Dentro do Brasil encontram-se várias subculturas pertencentes à cultura nacional, que já herdou de seus conquistadores portugueses muitas características culturais.

2.3.2_As organizações como grupos sociais e sua cultura.

A empresa é uma organização social e como tal possui sua cultura.

“*Organização* como uma unidade ou entidade social, na qual as pessoas interagem entre si para alcançar objetivos específicos. Neste sentido, a palavra *organização* denota qualquer empreendimento humano moldado intencionalmente para atingir determinados objetivos. As empresas constituem um exemplo de organização social.” CHIAVENATO (1993:107)

Nas empresas encontramos pessoas interagindo para transformarem matérias-primas, informações, conhecimento em bens e serviços por meio de seus trabalhos organizados dentro de normas e procedimentos.

“Nas empresas também há sistemas de crenças e valores característicos e peculiares e cada uma, regidos por uma estrutura de poder e normas estabelecidas pelos componentes do grupo, como também valorizada por eles.” LAS CASAS (1999: 97)

A cultura organizacional está presente em todos os momentos das empresas e assim como nas sociedades, ela difere de uma empresa para outra

podendo apresentar algumas semelhanças, mas cada empresa possui a sua própria como uma impressão digital.

Segundo KANAANE (1994) a cultura organizacional é composta de três dimensões: material– sistema produtivo; psicossocial – sistema de comunicação e interação dos envolvidos e ideológica– sistema de valores vigentes na organização. As análises das relações interpessoais, em dado contexto organizacional, identificam as sinalizações para a caracterização da cultura existente, uma vez que tais interações retratam o grau de formalidade e de informalidade presentes nos respectivos ambientes organizacionais, denotando a maior ou a menor flexibilidade das relações entre seus membros, e em que nível os mesmos respondem e participam das condições vigentes.

Neste agrupamento social surgem valores, normas, crenças e hábitos que são transferidos das subculturas dos proprietários, executivos, acionistas e internalizadas por todos que trabalham nesta empresa. Esta cultura deve ser também transmitida aos novos membros que ingressam na empresa realizando assim um processo de socialização⁵.

“ cultura organizacional é o conjunto de concepções, normas e valores submersos á vida de uma organização e que devem ser comunicados a seus membros através de formas simbólicas tangíveis.” LAS CASAS (1999: 97)

No processo de socialização a organização moldará o indivíduo as suas necessidades esclarecendo que sua conduta interna deve seguir aos valores, crenças, normas e preceitos por ela prezada.

⁵ Socialização organizacional procura estabelecer junto ao novo participante as bases e premissas através das quais ela pretende funcionar e como o novo participante poderá colaborar neste aspecto.

Alguns funcionários têm no bojo de sua cultura que todo empregador existe para explorá-lo e ele não pode se deixar explorar gerando o sentimento do ganha/perde. Em contrapartida a cultura de algumas organizações é baseada na certeza que os funcionários são preguiçosos por natureza e necessitam ser severamente supervisionados.

“A idéia de que a maioria dos empregadores são “vampiros” inescrupulosos que deliberadamente sugam o sangue da força de trabalho é, sem dúvida, um exagero, assim como também o é a idéia de que a maioria dos trabalhadores é preguiçosa e desonesta. Embora haja muitos casos extremos a verdade reside em algum ponto entre esses extremos, um lugar consistente com a idéia geral de que em muitas situações a eficiência vem em primeiro e a segurança em segundo. “MORGAN (1996:301)

Se a empresa e os funcionários se despirem destes preconceitos enraizados em sua cultura, pode-se estabelecer um clima de confiança e cooperação, buscando ao mesmo tempo a eficiência e o bem estar de todos.

2.3.3. A cultura organizacional e a relação com a falha humana.

Por mais que os tempos tenham mudado para as empresas, o que se percebe que faz parte de suas culturas de forma declarada ou disfarçada que não há nada mais tipicamente humano que o erro e este merece castigo.

“As pessoas têm medo de apontar problemas por temerem dar início a uma discussão ou, pior ainda, ser culpadas pelo problema. Além disso, é tão raro tomar-se alguma providência para resolver os problemas que não há estímulo para expô-los. E é muito freqüente não existir mecanismo algum para solução de problemas. Dar novas idéias é muito arriscado. As pessoas tem medo de perder seus aumentos ou promoções ou – o que é pior ainda, seu emprego. Temem trabalhos punitivos ou outras formas de discriminação e constrangimento.” . WALTON (1989: 77)

Aquelas empresas que se preocupam em permanecer no mercado adotam a cultura da qualidade porque ela se tornou um pré requisito exigido pelos consumidores. LAS CASAS (1999:98) “ o total de aprendizagem sobre a qualidade e valores relacionados á qualidade é exigido pelo mercado na medida em que a organização progride em sua capacidade de lidar com o ambiente externo e em administrar internamente.”

As empresas precisam alterar muitos pontos de sua cultura e um deles é a responsabilidade assumida por cada um de seus funcionários em suas rotinas trabalhistas. Assumir uma falha, analisar sua causa e perseguir a prevenção, faz parte da filosofia da qualidade seguida primeiramente pelos japoneses.

“Todo defeito é importante: Os defeitos devem ser perseguidos por todos, o ano inteiro. É importante localizar e corrigir os mais ligeiros enganos e erros.(...) As causas de problemas de qualidade devem ser identificadas. Depois, podem ser implementadas as atividades para evitar futuros problemas.(...) Nenhum elo/pessoa, no processo do trabalho, deve sofrer devido a erros cometidos por outras pessoas. Cada um se compromete a agir como fornecedor de produtos de qualidade a seus clientes internos.” MÖLLER (1997:177)

E importante deixar claro para os funcionários que a empresa só terá a ganhar com este tipo de atitude pois estarão colaborando para que a empresa oferte produtos e serviços com qualidade não correndo o risco assim de encerrar suas atividades por não corresponder às expectativas dos consumidores.

“Os comunicadores responsáveis pela alteração deverão convencer os membros de uma organização de que fazer diferente o que eles fazem trará benefícios para eles. As técnicas de venda são aplicadas neste momento.” LAS CASAS (1999: 102)

Ganha vantagem competitiva a empresa e o funcionário que reconhece a falha, repara-a se possível e aprende com ela rapidamente.. Não há dúvidas que

as falhas causam prejuízos e embaraço, salvo em casos de sabotagem, ninguém falha porque quer então o melhor a fazer é abolir a punição do arsenal de ferramentas gerenciais e estimular a prevenção .

2.4 Teoria dos Sistemas.

Bertalanffy em 1937 lançou as bases da Teoria Geral dos Sistemas após ter percebido que certos princípios e conclusões válidos na biologia também o seriam em outros ramos da ciência.

“Bertalanffy defendia a idéia de que não somente os aspectos gerais das diferentes ciências são iguais, como as próprias leis específicas de cada uma delas podem ser utilizadas de forma sinérgica pelas outras. A partir dessa tese Bertalanffy desenvolveu a Teoria Geral dos Sistemas(...)” FERREIRA, REIS, PEREIRA (1997: 58)

Seguindo os pressupostos da Teoria Geral de Sistemas de Bertalanffy , “sistema é uma série de elementos interdependentes em constante interação, com vistas à consecução de um ou mais objetivos.” CARVALHO, NASCIMENTO(1997:3)

2.4.1 Sistema Homem-máquina

No ambiente de trabalho o funcionário para agir necessita de informações da máquina ou equipamento, estas informações são captadas pelos órgãos sensoriais, como a visão, audição, tato e senso cinestésico ⁶, e são processadas pelo sistema nervoso central⁷, gerando uma decisão. Esta decisão poderá gerar

⁶ Senso cinestésico são os movimentos das juntas do corpo.

⁷ Sistema nervoso central é constituído pelo cérebro e a medula espinhal

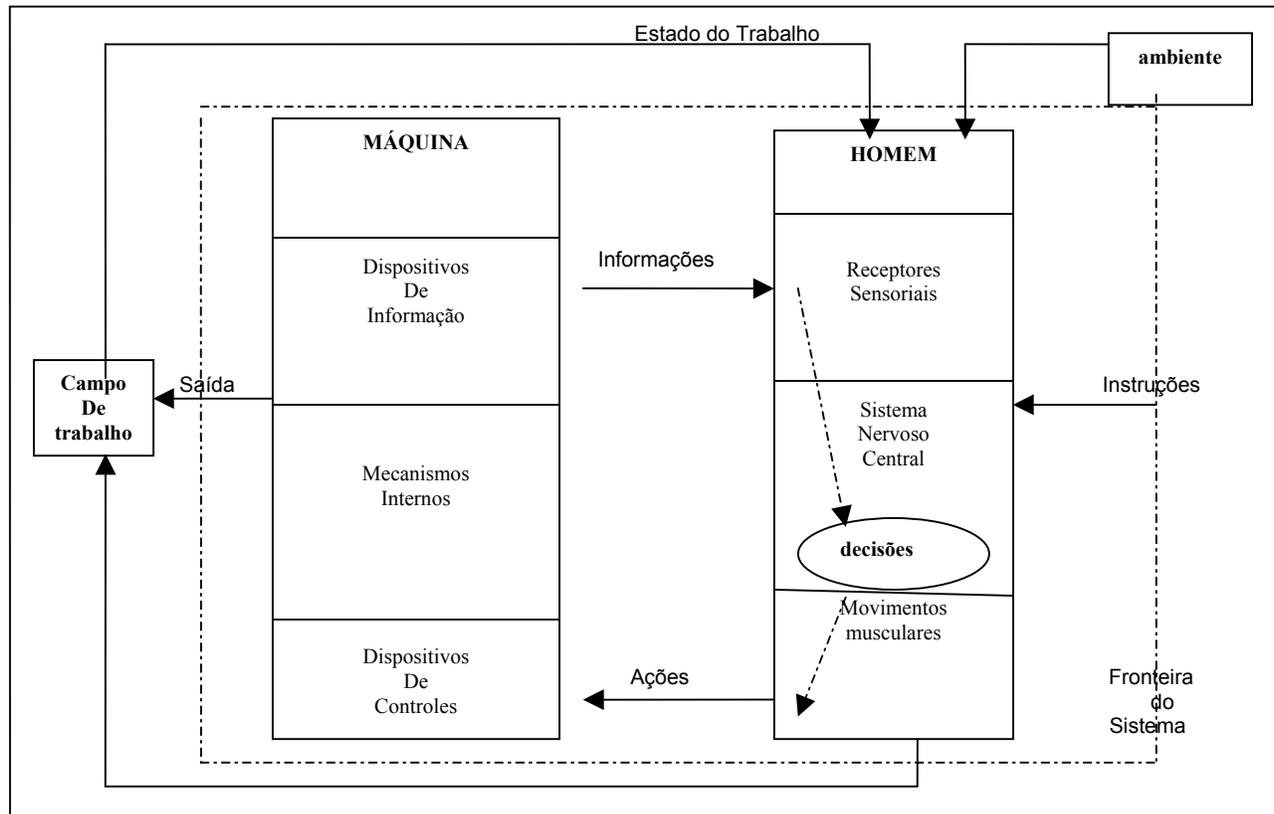
uma ação correta ou incorreta caracterizando a falha, relacionando assim a relação entre Teoria dos Sistemas, Sistema homem-máquina e a falha humana.

Este processo relacionado acima gera um Sistema, com entrada, transformações, saída e retroação de informação.

“Na linguagem da ergonomia, sistema homem-máquina é o conjunto representado pelo binômio homem e máquina no desempenho de atividades interativas em um determinado meio ambiente, onde são respeitadas as afinidades naturais de cada um dos elementos do sistema.” BARROS (1996:31)

Segundo IIDA (2000) o homem, para agir, necessita de informações que serão fornecidas pela máquina, além do estado (situação) do trabalho, ambiente e de instruções de trabalho. As informações recebidas pela visão, audição, tato dentre outros foram processadas e geraram movimentos musculares, agem sobre a máquina por meios de dispositivos de controle. Como demonstra a figura 5, a máquina transmite informações através de alguns de seus componentes ,o homem recebe estas informações e as processa junto as instruções que tem conhecimento , tomando uma decisão sobre a ação indicada.

Figura 5: Esquema das interações entre os elementos de um sistema homem-máquina



Fonte: IIDA(2000:18)

O homem pode falhar na interpretação destas informações e ou também nas decisões a respeito das ações indicadas gerando as falhas humanas neste sistema homem-máquina.

2.4.2 A ergonomia e o sistema homem-máquina

O termo americano Engenharia de Fatores Humanos aparece para designar o estudo e a realização das máquinas, dos postos de trabalho e mesmo dos ambientes que possam corresponder às capacidades e limites do homem. A finalidade da Ergonomia neste paradigma é, portanto, de conceber equipamentos,

ritmos e ambientes de trabalho que possam facilitar ao processo de informação, de decisão e de execução para obter um rendimento máximo do conjunto do sistema homem-máquina, sem prejudicar o primeiro.

Segundo VIDAL (1994) o modelo de sistema homem-máquina se aplica a um reduzido número de situações de trabalho onde o campo da atividade humana se resume a um conjunto de ações sobre as interfaces de um processo produtivo; no entanto não se presta para descrever atividades onde o objeto de trabalho é parte essencial no desenvolver da atividade

Ao se referir ao sistema homem-máquina TIFFIN e MCCORMICK, VIDAL (1994), propõem um tratamento sistêmico para a Ergonomia onde todos podem se enxergar: a ergonomia seria a ciência de sistemas homens- máquinas. A idéia era de considerar tanto o ser humano quanto as máquinas industriais domínios de disciplinas distintas da ergonomia: as ciências do homem individual e a engenharia de máquinas.

O estudo dissociado dos aspectos físicos e cognitivos não é suficiente, eles devem ser estudados dentro de um contexto mais amplo. A melhoria da segurança e saúde no trabalho nas organizações é difícil de ser alcançada porque a maioria das organizações têm ainda uma visão muito limitada da inter-relação dos problemas organizacionais. Os resultados organizacionais (segurança, produtividade, lucros) não são vistos como parte de um processo contínuo e sim, como efeito da interação de fatores múltiplos. Segundo NAGAMACHI & IMADA, (1992) acidentes e lesões, por exemplo, são ainda sempre relacionados à causas simples, como o erro humano.

As contribuições da ergonomia à melhoria das condições de trabalho têm ocorrido no nível físico, através do reprojeto de ferramentas, de modificações do layout do local de trabalho, das melhorias do ambiente físico (iluminação, vibração e ruído) e dos aspectos antropométricos e biomecânicos da atividade. Para Kogi,

estes têm sido, sem dúvida, o maior impacto causado pela ergonomia, principalmente nos países de terceiro mundo.

A nível cognitivo a contribuição da ergonomia tem sido na busca pela qualidade de vida do funcionário , estudando o STRESS, ambiente organizacional e outras relações na rotina trabalhista que possam melhorar a satisfação no trabalho.

2.4.2.1 Definições de ergonomia

A Ergonomia para Prof^a Jacinta Renner, diretora da Qualidadevida Consultoria em Saúde Preventiva Ltda, tem como objetivo principal reduzir doenças ocupacionais, cansaço do trabalhador, acidentes do trabalho, ausências no trabalho além da possibilidade de erros dentro dos sistemas produtivos, vindo por este motivo ter relacionamento com o tema “falhas humanas involuntárias”; tema deste trabalho. Esta ciência visa auxiliar a redução dos custos operacionais, o aumento do conforto do trabalhador, a produtividade e a rentabilidade.

Para MIRANDA(1980) o termo ergonomia é definido em 1960 pela a OIT - Organização Internacional do Trabalho como sendo a " aplicação das ciências biológicas conjuntamente com as ciências da engenharia para lograr o ótimo ajustamento do homem ao seu trabalho, e assegurar, simultaneamente, eficiência e bem-estar"

Para LAVILLE (1977), a ergonomia é definida como sendo : " o conjunto de conhecimentos a respeito do desempenho do homem em atividade, a fim de aplicá-los à concepção das tarefas, dos instrumentos, das máquinas e dos sistemas de produção".

Quando equipamentos, máquinas ou mesmo um produto estiver na fase do projeto é dada ênfase à missão destas que se destina a desenvolver certas funções e habilidades que complementem aquelas do ser humano.

WISNER (1987), assim se coloca : a ergonomia constitui o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia.

A ergonomia muito tem auxiliado na adaptação dos equipamentos às limitações e a um maior conforto do trabalhador buscando seu bem estar. Quanto mais ajustado o equipamento estiver ao trabalhador, menos prejuízo este poderá trazer, tanto à organização quanto ao próprio trabalhador.

VIDAL(1994), define ergonomia como: " é a disciplina que se preocupa com a reestruturação do trabalho, buscando conciliar a atividade produtiva - ditame da subsistência - à vida - ditame da sobrevivência. Neste sentido ela é uma das disciplinas que estuda as pessoas no trabalho e um referencial para uma das dimensões da Engenharia, a Engenharia do Trabalho".

As máquinas tais como guindastes, escavadeiras mecânicas ou caminhões-ancinhos liberam o homem do trabalho físico e do emprego de ferramentas manuais. Em compensação apresentam problemas de outro tipo, capacidade do homem controlar os próprios movimentos que deve ser transferida para os movimentos das peças das máquinas, que são as rodas, os botões, as chaves, as alavancas ou manivelas. Isto é resolvido pela ergonomia na fase do projeto de novos equipamentos que analisa vários aspectos inerentes à funcionalidade e confiabilidade.

A ergonomia auxilia a tecnologia da interface homem-máquina que incluem os comandos e controles, *displays*, arranjos do espaço de trabalho e o ambiente físico do trabalho.

“... a ergonomia é uma ferramenta que pode estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo conforto, segurança e desempenho eficiente”. BARROS (1996::27)

Como se pode perceber, a Ergonomia é uma ciência multidisciplinar baseada em teorias e princípios da Antropometria, Fisiologia, Psicologia e Engenharia, tendo como principal objetivo a adaptação das condições de trabalho às características físicas e psicológicas do homem, ou seja, é o estudo da adaptação do trabalho ao homem. Este estudo, como visto, envolve não somente o ambiente físico, mas também os aspectos organizacionais de como este trabalho é programado e controlado para produzir os resultados desejados.

Como a redução das falhas humanas voluntárias dentro dos sistemas produtivos é um dos resultados desejados pelas empresas, pelos prejuízos já mencionados que elas podem ocasionar, a ergonomia se torna uma excelente ferramenta para auxiliar as empresas na otimização do processo produtivo. Isto se torna evidente no texto de MONTMOLLIN (1990 : 118,119) “ Os trabalhadores cometem erros e o ergónomo deve analisa-los, a fim de os eliminar na medida do possível, atuando sobre <máquina> e paralelamente sobre a atividade, através de instruções e de informações mais bem adaptadas.”

2.4.2.2 A evolução da ergonomia

O termo Ergonomia é empregado no mundo todo, exceto nos Estados Unidos e Canadá onde é denominada por *Human Factors* (fatores humanos).

Na II Guerra Mundial, acentuaram-se as incompatibilidades entre o humano e o tecnológico, já que os equipamentos militares exigiam dos operadores decisões rápidas e execução de atividades novas em condições críticas, que implicavam em quantidade de informações, novidades, complexidades e riscos de decisões que envolviam possibilidade de erros fatais.

Como o objetivo da ergonomia é a melhoria da eficiência, segurança e bem-estar do operador, ela muito colaborou na II Guerra Mundial na busca da prevenção para que erros fatais não acontecessem e hoje em dia em decorrência de sua evolução ela auxilia para prevenir as falhas humanas nos sistemas produtivos, razão pela qual foi abordada neste trabalho.

Segundo MORAES e SOARES (1989) a origem do termo Ergonomia remonta ao ano 1857 quando o polonês W. Jastrzebowski deu como título para uma de suas obras "Esboço da Ergonomia ou Ciência do Trabalho, baseado nas verdadeiras avaliações das ciências da natureza", adotando o conceito da ergonomia como a ciência de utilização das forças e das capacidades humanas

A oficialização do termo para GRANDJEAN (1998) no entanto, atribui-se na denominação da nova disciplina Ergonomics (ergo: trabalho; nomics: normas, regras), à Murrel, engenheiro inglês. A oficialização do termo data de 1949, quando da criação da primeira sociedade de ergonomia, a Ergonomic Research Society, na Inglaterra. Enquanto que, nos Estados Unidos utilizaram-se as denominações Human Factors ou Human Engineering.

NAGAMACHI & IMADA (1992) relatam que a partir dos anos 60, com as mudanças de ênfase dos aspectos físicos e perceptuais do trabalho para a sua natureza cognitiva. A forte presença dos sistemas computacionais no meio de trabalho torna importante conhecer como as pessoas usam e processam as informações e aceleram as pesquisas relacionadas à aspectos cognitivos. Neste novo ambiente os problemas de trabalho ocorrem como resultado da interação entre pessoas e sistemas técnicos, tanto no nível físico como no nível cognitivo.

Essa interação ocorre dentro de um contexto: a organização. Este contexto pode ampliar, limitar ou anular as intervenções dos fatores humanos com mudanças nas condições de trabalho.

Segundo GRANDJEAN (1998) atualmente, já existem inúmeras pesquisas analisando fatores físicos, como aspectos antropométricos, posturas, arranjos de espaços de trabalho, ambiente de trabalho, consumo energético durante o desenvolvimento de atividades. Mas as contribuições da ergonomia já se estendem ao campo cognitivo: aprendizado, processamento de informação, motivação e percepção, que podem auxiliar na prevenção de falhas humanas nos sistemas produtivos das empresas onde os trabalhos vêm se caracterizando com características mais cognitivas do que braçais.

2.5 Qualidade

A qualidade é um requisito no cenário onde os mercados estão mudando rapidamente e apresentam um grau de incerteza bem mais alto que no passado.

No início a qualidade era muito relacionada com o lado técnico de controles estatísticos da produção, sem se dar conta da importância da necessidade do mercado.

“A maioria dos autores, que hoje são chamados de gurus da qualidade (Juran, Deming, Feigenbaum e Ishikawa) (...)representaram um marco na mudança do conceito da qualidade, aproximando-a mais a satisfação do consumidor e distanciando-se da visão de “perfeição técnica” predominante anteriormente.” TOLEDO (1997: 440)

Segundo PALADINI (2000) a qualidade é uma conformidade com os requisitos do consumidor. Isto quer dizer: primeiramente identifica-se o requisito almejado pelos consumidores em seus produtos e serviços para posteriormente padronizar e controlar processos (conformidade com as especificações). As buscas pelas duas conformidades na cultura da qualidade são igualmente

importantes; a primeira se baseia no ambiente externo e a segunda no ambiente interno da organização.

“Nesse contexto, o enfoque mais usual para a definição da qualidade envolve a idéia de centrar a qualidade no consumidor. Este direcionamento abrange múltiplos itens: afinal para o consumidor é importante o preço do produto, suas características específicas, seu processo de fabricação e até mesmo aspectos gerais que o envolvem, como sua marca.” PALADINI (2000: 26)

Esta qualidade focada no consumidor e suas necessidades e aspirações colocou a qualidade em um patamar estratégico fazendo parte do planejamento estratégico de muitas empresas.

A empresa que é administrada na filosofia do Controle da Qualidade segundo FALCONI (1998), necessita definir padrões (novo produto e novo processo) para atingir metas de qualidade, custo, entrega, moral e segurança buscando a conformidade de requisitos e depois a conformidade com as especificações. No segundo momento ela cumpre padrões estabelecidos para o produto e o processo, verificando os resultados e atuando no processo para corrigir os desvios (falhas ou anomalias) buscando somente a conformidade de especificações. A qualidade é um processo de planejamento e acompanhamento do processo e resultados a fim de melhorá-los sempre que possível.

Para PALADINI (2000) é realizada dentro da organização a busca por eliminação dos desperdícios. A eliminação dos desperdícios será conseguida com a busca pela prevenção eliminando as causas dos problemas. Também se faz necessário o emprego de programas de redução dos erros da mão de obra evidenciando que a perdas na produção podem ser ocasionadas por falhas humanas.

Uma falha no sistema gera perda da qualidade e pode também gerar a perda de produtividade, as falhas humanas podem ocasionar defeitos ou situações que favorecem seu aparecimento; por isso deve-se estudar as suas causas. Depois de avaliadas podem ser classificadas em relação às causas e aos efeitos para que a empresa possa tomar as medidas necessárias para sua eliminação.

2.6 Treinamento

Certos tipos de treinamentos podem contribuir para minimizar as falhas humanas no sistema produtivo das empresas, ficando aqui evidenciada a importância desta ferramenta e para tanto o motivo que levou este tema ser relacionado neste trabalho.

Para PALADINI (2000) e FALCONI (1998) as mudanças serão alcançadas com maior rapidez e mais eficácia através de palestras e treinamentos específicos para a criação de uma consciência da filosofia da cultura da qualidade e de padrões e processos que devem ser seguidos. Estes treinamentos devem ser em todos os níveis na empresa e devem, acontecer continuamente para que haja um desenvolvimento do ser humano.

Os treinamentos são de particular importância, pois, através destes, os recursos humanos da empresa passam a acompanhar evoluções tecnológicas e desenvolver habilidades⁸. Com isso, os funcionários passam a ter um maior potencial de geração de resultados, contribuindo para o sucesso dos empreendimentos da organização.

MCGEEHEE & THAYER apud CARVALHO (1988) caracterizam treinamento como um “somatório de atividades que vão desde a aquisição de habilidade motriz até o desenvolvimento de um conhecimento técnico complexo, à

⁸ Habilidade: capacidade para algo
Competência : jurisdição, alçada , capacidade, aptidão.

assimilação de novas atitudes administrativas e à evolução de comportamento face a problemas sociais complexos.

Boog (1980:104) adverte que “é bastante comum encontrarmos quem utilize a expressão “treinamento” como sinônimo de “desenvolvimento” e vice-versa, quando não é também usada a palavra “educação” . Com o fim de conceituar esses termos, o referido autor utiliza referências de Laird, Burr, de Pontual e Boog e de Flippo. Tais definições, bem como os objetivos, o enfoque, a responsabilidade, os resultados esperados e o tempo para se obter tais resultados encontram-se formatados na tabela 2.

O termo treinamento, bem como programas de treinamento, será utilizado para designar o conjunto de atividades que englobem os processos de educação, desenvolvimento e treinamento, conforme descritos no quadro acima. Justificativa para tal é que, o processo aqui denominado de treinamento, deve ser capaz de tornar uma pessoa apta a entender e colaborar na busca de se atingir os objetivos gerais de uma organização, levando ainda em conta seus interesses particulares e da sociedade onde se encontra inserido.

Para que os funcionários passem a ser importantes colaboradores na busca da qualidade dos produtos e serviços fornecidos pela empresa, é preciso que estes aprendam mais que operar instrumentos de medição ou preencher gráficos de controle; é necessário que compreendam a importância dessas inovações para a empresa e é preciso uma mudança de valores e de comportamento.

Tabela 2: Educação, treinamento e desenvolvimento

	EDUCAÇÃO	DESENVOLVIMENTO	TREINAMENTO
DEFINIÇÃO	Processo através do qual a série potencial de capacidade do homem é estimulada e aumentada	Processo de crescimento integral do homem, a expansão de sua habilidade de utilizar totalmente as suas capacidades e aplicar seu conhecimento e experiência para a solução ou resolução de novas e diferentes situações	Processo de efetuar mudanças no comportamento do homem, aplicado na aquisição de habilidades relacionadas à sua tarefa
OBJETIVO	Fornecer conhecimentos, habilidades e valores necessários para viver com sucesso, mais a habilidade de manejar com eficácia novos dados e situações mutáveis	Suprir habilidades, conhecimentos e atitudes específicas para o desempenho de tarefas futuras, num processo de crescimento contínuo	Suprir habilidades, conhecimentos e atitudes específicas, necessárias para desempenhar tarefas específicas, dentro de padrões de produtividade estabelecidos
ENFOQUE	Homem – prevê a aplicação futura da aprendizagem atual	Necessidade e potencial do indivíduo + tarefa e cargo futuro – preventivo. É um meio de se evitar que apareça um problema de produção	Necessidade da tarefa/cargo atual - é um meio de se resolver um problema de produção
RESPONSABILIDADES	Sistemas escolar – público e privado	Empresa – através de todos os níveis de chefia, assessorados pelo órgão de treinamento	Empresa – através de todos os níveis de chefia, assessorados pelo órgão de treinamento
RESULTADO ESPERADO	Homens que continuamente adquirem e eficazmente processam novas informações	Homens preparados para ocupar os cargos-chave dentro da organização, na qualidade, quantidade e época necessária	Homens que desempenham tarefas específicas, atendendo aos padrões de produtividade, de maneira a realizar metas pré-estabelecidas
TEMPO	Longo prazo	Médio/longo prazo	Curto prazo

Fonte: BOOG, Gustavo G.(1980:67)

Segundo CHIAVENATO (1999: 82), o treinamento é um processo cíclico composto de quatro etapas; sendo estas:

- Levantamento das necessidades de treinamento;
- Programação do treinamento;
- Implementação e execução dos programas de treinamento;

- Avaliação dos resultados do treinamento.

Dentre estas, interessa para fins do presente trabalho a etapa de Levantamento das Necessidades de Treinamento (LNT). Apesar de todas as etapas serem particularmente importantes, deve ser observado que se as necessidades forem identificadas de forma errada ou distorcida, todos os esforços, e as demais etapas, serão direcionados para um objetivo que não reflete as reais necessidades da instituição, acarretando um desperdício de recursos.

É importante durante a pesquisa de LNT, que sejam identificadas a carência, tanto em termos de competências técnicas, como em termos de formação pessoal dos funcionários, evitando que estes sejam treinados apenas para a execução de suas tarefas rotineiras.

Quando se realiza um levantamento das necessidades de treinamento, deve-se ter em mente que o principal objetivo não é apenas solucionar problemas existentes e sim, evitar problemas futuros. Para isso, é importante que a atividade de LNT seja uma atividade contínua dentro da organização e que, para se obter bons resultados, deve-se fazer um esforço global que compreenda toda a organização.

Como já foi mencionado o fim do LNT é evitar problemas futuros culminando desta maneira com o principal motivo de se efetivar uma análise de um erro humano, a prevenção.

É necessário se preocupar se as ferramentas tradicionalmente utilizadas em tal tipo de investigação são suficientes para permitir que os objetivos propostos acima venham a ser plenamente atingidos. O relatório das causas das falhas humanas detectadas na produção pode ser utilizado também no LNT, evidenciando a importância da confiabilidade do fator humano em relação

a`qualidade dos produtos/serviços oferecidos pelas organizações ao mercado consumidor.

CAPÍTULO 3 - ESTUDO DE CASO.

Terminada a fundamentação teórica faz-se necessário realizar um estudo de Caso para aplicação das teorias e averiguação da realidade empresarial. Este estudo de Caso foi realizado em uma agroindústria porque a base econômica do Estado onde a pesquisadora reside é agropecuário e está iniciando seu desenvolvimento através da implantação de agroindústrias.

3.1_Agroindústria

A agroindústria tem sua origem no desenvolvimento das atividades agrícolas. No passado, era muito difícil separar as chamadas indústrias rurais da indústria propriamente dita. As atividades industriais complementares à agricultura se confundiam com a própria agricultura. À medida que a demanda por produtos beneficiados crescia, as atividades de indústria rural tornavam-se independentes das suas ligações agrárias, deslocando-se para as áreas urbanas.

Cada etapa de industrialização dos produtos agropecuários vai agregando consecutivamente mais valor aos seus produtos. Esta transformação de produtos agropecuários em bens de consumo e matéria prima para os demais setores produtivos é realizada pelas indústrias transformadoras chamadas de agroindústrias.

“Define-se agroindústria como a atividade de transformação industrial dos produtos agropecuários (inclusive incluindo-se num sentido mais amplo, a pesca, a silvicultura e o extrativismo vegetal), aumentando-lhes o valor agregado, para o atendimento de três fins específicos: o primeiro deles, e mais relevante, consiste na transformação industrial de matérias-primas agropecuárias para a produção de alimentos (agroindústria alimentar, compreendendo abate de animais e seus

derivados, beneficiamento de cereais, moagem e torrefação de café, produção de açúcar, óleos comestíveis, sucos de frutas, doces, conservas em geral, beneficiamento e conserva de pescado, etc); secundariamente, a transformação de produtos agropecuários em bens intermediários, não alimentares, para fornecimento a outras indústrias (óleos vegetais não comestíveis, celulose, fibras vegetais, **tratamento de couros**, madeira, etc). (...), cabe destacar a produção de energia, a partir da biomassa (agroindústria energética ou sistema bioenergético), utilizando-se no processo produtivo matérias-primas agrícolas, como cana-de-açúcar para a fabricação do álcool.”LIMA (1983:3)

Com a intensificação do processo de modernização da agricultura (a partir da década de 50), a função do meio rural tem se caracterizado, então, principalmente como produtor de matéria-prima para o abastecimento das agroindústrias. Nesta época também houve o início dos estudos sobre “cadeia agroindustrial” , tendo a princípio duas vertentes metodológicas, uma americana e outra de origem francesa. Os pesquisadores da Universidade de Harvard, John Davis e Ray Golberg, já em 1957, enunciaram o conceito de *agribusiness*, como sendo :

“a soma das operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, das operações de produção nas unidades agrícolas, do armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agrícolas e itens produzidos a partir deles.” Golberg apud BATALHA, (1997: 25)

A maioria das agroindústrias é produtora de alimentos e surgiram da necessidade de suprir a demanda por alimentos industrializados nos grandes centros urbanos, pois nos últimos anos os centros urbanos receberam uma grande massa de emigrantes vindos das zonas rurais à procura de emprego e renda. A busca pelo alimento foi responsável por grandes mudanças na sociedade humana.

“O alimento sempre foi estratégico para nações, impérios e sociedades ao longo de toda história. Foi arma militar nos tempos de guerra, recompensa básica única aos

escravos, motores dos sistemas produtores do passado. A luta pelo alimento levou multidões a abandonarem o campo e venderem sua força de trabalho na revolução industrial. O alimento tem sido a grande razão das lutas humanas essenciais na história da humanidade.” MEGIDO e XAVIER (1995: 254)

Como toda indústria, a agroindústria também necessita descobrir quais são as necessidades de seus clientes e consumidores atuais e potenciais e como satisfazê-las através de seus produtos. Garantindo assim produtos com qualidade percebida pelos seus consumidores.

3.1. Cadeia de produção agroindustrial.

O Sistema Agroindustrial guarda a especificidade de cada Cadeia Agroindustrial em sua composição. O conhecimento do mecanismo e características presentes em cada cadeia possibilita a percepção de como funciona o sistema e das possibilidades de intervenção para otimização de suas relações e conseqüentemente de seu dinamismo.

Durante a década de 60, desenvolveu-se então no âmbito da escola industrial francesa a noção de “*analyse de filière*”. Filière pode ser traduzido como “cadeia de produção” e no caso do setor agroindustrial como “cadeia de produção agroindustrial” ou só “cadeia agroindustrial”. Este conceito não foi especificamente desenvolvido para estudar a problemática agroindustrial, mas foi entre pesquisadores do setor rural e agroindustrial que ele encontrou seus maiores defensores. Ela entende que a cadeia de produção é um conjunto de relações comerciais e financeiras que estabelecem, entre todos os estados de transformação, um fluxo de troca, situado de montante a jusante, entre fornecedores e clientes.

No caso da cadeia de produção agroindustrial ela é segmentada de jusante a montante em 3 macrosssegmentos: comercialização, industrialização e produção de matérias-primas. Segundo BATALHA (1997:26-27) estes três macrosssegmentos assim são constituídos:

“a.**Comercialização.** Representa as empresas que estão em contato com o cliente final da cadeia de produção e que viabilizam o consumo e o comércio dos produtos finais (supermercados, mercearias, restaurantes, cantinas, etc). Podem ser incluídas neste macrosssegmento as empresas responsáveis somente pela logística de distribuição.

b.**Industrialização.** Representa as firmas responsáveis pela transformação das matérias-primas em produtos finais destinados ao consumidor. O consumidor pode ser uma unidade familiar ou outra agroindústria.

c.**Produção de matérias-primas.** Reúne as firmas que fornecem as matérias-primas iniciais para que outras empresas avancem no processo de produção do produto final (agricultura, pecuária, pesca , piscicultura, etc)

Uma cadeia de produção agroindustrial pode ser considerada como um conjunto de atividades que se interligam para produzir produtos agroindustriais, podendo ser produção de insumos (sementes, adubos, etc) até o produto final (queijo, massas, farinhas, etc) chegar ao consumidor.

Dentro desta cadeia agroindustrial o segmento da industrialização é considerado muito importante no que tange a agregar valor às matérias-primas provenientes da agricultura, agropecuária, piscicultura, etc.

“Com a agroindústria como coordenadora do complexo, conseguir-se-á agregar valores aos produtos *in natura*, reter a produção beneficiada à espera de melhores preços, estimular o produtor através de melhor remuneração e regular o escoamento até o consumidor ou até os portos-de-exportação, eliminando o excesso de intermediários.” FIEMS(1994:10)

A agroindústria como responsável de uma maior agregação de valor aos produtos commodity é responsável por uma considerável melhora nas condições de vida do produtor rural que é seu fornecedor de matéria-prima. Porque garante a compra de seu produto pelo valor pago no mercado muitas vezes ainda indo até a propriedade buscar a produção gerando ainda menores custos do que se este tivesse que oferecer seu produto direto no mercado.

Na classificação de agroindústria adotada pela FAO(1997:223), aparecem dez setores de atividades agroindustriais, a saber: alimentos, bebidas, tabaco, têxteis, confecções, couros, calçados, produtos da madeira, papel e produtos de papel e borracha.

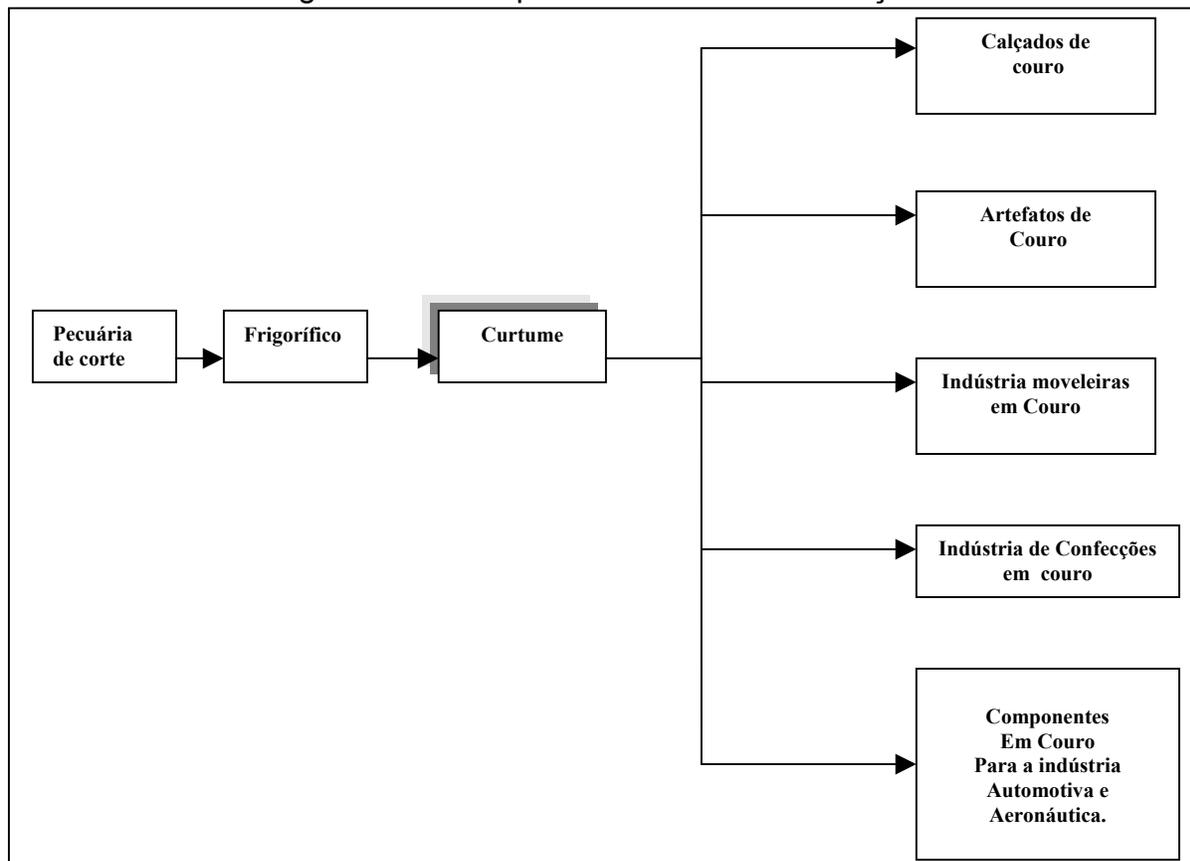
Como este trabalho terá como estudo de caso um curtume que faz parte de um dos setores mencionados, couro, segue-se a cadeia produtiva de couros e calçados.

3.1.2 Cadeia Produtiva de Couros e Calçados.

A cadeia produtiva de couros e calçados começa na pecuária bovina de corte, ela fornece bem de consumo em forma de carne e o sub produto pele que se torna matéria prima para os curtumes, que por sua vez fornecerão matéria prima para os demais setores produtivos, como é demonstrado na figura 6 demonstra.

A pecuária de corte é responsável pela vida do animal (alimentação e saúde), o frigorífico pelo seu abate correto dentro das leis sanitárias seguido então pelo curtume que será a agroindústria estudada neste trabalho. “ O couro constitui a pele do animal preservada da putrefação por processos denominados de curtimento, e que a tornam flexível e macia.” HOINACKI (1989:12)

Figura 6: Cadeia produtiva de couros e calçados.



FONTE: SINDICOURO -MS(2000)

O curtume é responsável por transformar a pele salgada proveniente dos frigoríficos em couro beneficiado com três fases distintas. O wet-blue, o crust e o couro acabado. Os curtumes se classificam em quatro tipos diferentes conforme o Diagnóstico da Cadeia Produtiva do Couro Calçadista, p. 6:

“–Curtume de wet blue⁹– é aquele que desenvolve somente o processamento de couro cru para wet blue (primeiro estágio de processamento do couro) ou para couro piquelado.

⁹ Wet-blue é um termo técnico inglês que quer dizer úmido azul, porque quando o couro chega nessa fase sai úmido e curtido ao cromo que produz tonalidade azul.

- Curtume integrado – é aquele que realiza todas as operações, processando desde o couro cru até o couro acabado. Portanto, tem capacidade para ofertar couro piquetado; couro wet blue; couro semi-acabado e couro acabado.
Curtume acabado – é aquele que utiliza como matéria-prima o couro no estágio wet-blue e o transforma em crust (semi-acabado) e em acabado.
Curtume de acabamento – é aquele que realiza apenas a etapa final de acabamento, utilizando-se do crust como matéria-prima.”

Segundo HOINACKI (1989) estas unidades transformadoras de pele em couro seja ele na fase wet blue até o couro acabado são chamados de curtumes porque seu sistema produtivo é conhecido como “curtimento.

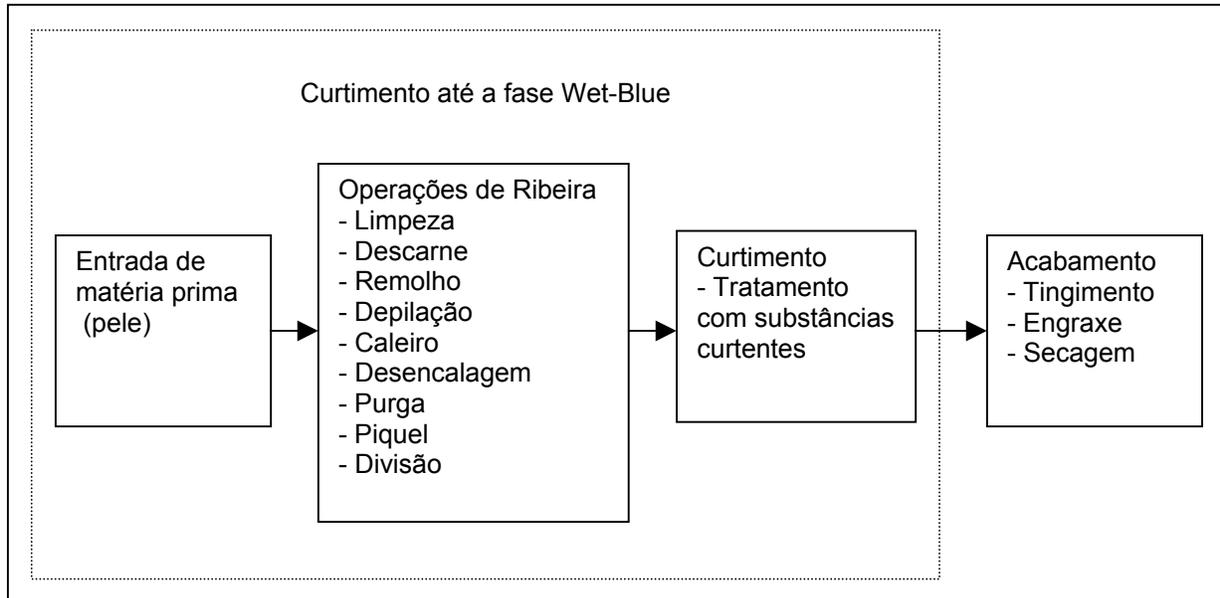
“No curtimento é mantida a natureza fibrosa da pele, porém fibras são previamente separadas pela remoção do tecido interfibrilar e pela ação de produtos químicos. Após a separação das fibras e remoção do material interfibrilar, as peles são tratadas com substâncias denominadas curtentes, que a transformam em couros. O curtimento é portanto muito mais do que um simples processo de conservação.”
 HOINACKI(1989:12)

Este sistema produtivo é constituído de três fases que são a Operação de Ribeira, Curtimento e o Acabamento, conforme fluxograma apresentado na figura 6, sendo esta última fase processada pelo curtume integrado, curtume acabado e o curtume de acabamento citados acima.

- “a) Operação de ribeira: A maioria das estruturas e substâncias não formadoras do couro são removidas nesta etapa. (...)
 Certa quantidade de substâncias que as envolve, material interfibrilar, também deve ser removida, dependendo do grau de flexibilidade e elasticidade desejado no produto acabado. Nas operações de ribeira estão incluídos o remolho, a depilação, o caleiro, a desencalagem, a purga e o píquel.
- b) Curtimento- Nesta operação, as peles previamente preparadas são tratadas com soluções de substâncias curtentes, sendo tornadas imputrescíveis.(...)
- c) Acabamento – Em linhas gerais, são executadas nesta etapa tratamentos complementares às operações anteriores e que darão a aparência final ao couro

pronto. O acabamento inclui as operações de tingimento, engraxe, secagem e acabamento propriamente dito.” HOINACKI (1989:12-13)

Figura 7: Sistema produtivo do Couro



Para se obter a qualidade final no couro é necessário conformidade em todas as fases na cadeia produtiva do couro, desde a pecuária de corte (vida do animal), no frigorífico após o abate na parte da esfola (remoção da pele do animal abatido) e na conservação (salga da pele) como também no processo industrial da transformação da pele desde a operação da ribeira até o acabamento final.

3.2 O curtume

A maior concentração de curtumes encontra-se no Rio Grande do Sul que é onde se localiza a Matriz do curtume (unidade de negócio) que foi fonte de estudos na aplicação da fundamentação teórica sobre as falhas humanas.

Esta unidade de negócio está localizada no estado do Mato Grosso do Sul estado do centro oeste onde se encontra o maior rebanho de gado de corte do

Brasil , conforme mostra a tabela a seguir, por este motivo atraindo um bom número de frigoríficos.

Tabela 3:Distribuição do rebanho bovino nas regiões brasileiras.

Unidade : 1.000 cabeças

REGIÃO	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
NORTE	17.182	17.714	18.482	18.688	18.594	18.748	18.932	19.017	19.773
NORDESTE	22.114	20.237	19.682	19.553	19.153	19.042	19.048	23.287	23.513
SUDESTE	36.729	35.863	34.997	34.884	34.255	33.923	33.569	36.051	35.787
SUL	24.836	24.802	24.640	24.364	23.783	23.440	23.218	26.317	26.188
CENTRO OESTE	50.030	51.328	52.427	52.950	51.722	51.402	51.326	52.214	52.252
TOTAL DO REBANHO	150.892	149.945	150.230	150.442	147.508	146.557	146.096	156.986	157.513
ABATE DE BOVINOS	28.894	28.031	28.378	30.186	32.137	30.208	30.407	31.622	32.920

Fonte: ABIF e FNP (1999)

O Estado do Mato Grosso do Sul é o maior produtor de gado de corte do Centro-Oeste e por isto foi escolhido por este curtume para instalar sua filial. Deste rebanho abatido no próprio estado ainda a maioria das peles são escoadas salgadas para outros estados brasileiros para serem beneficiadas. O pouco que permanece no Estado só é processado até a fase *wetblue*, fase esta que propicia pouca agregação de valor.

Esta unidade de negócio realiza a transformação primária da pele até a fase *wetblue* (azul molhado) enviando este para a matriz onde serão realizadas as demais transformações até o couro acabado. Processa também alguns resíduos transformando-os em sub produtos como a raspa seca que é exportada para a Europa, a Oleína que é transformada quimicamente em óleo (Estearina) consumida pela unidade e revendida a outros curtumes além da raspa caleirada que é aproveitada pela indústria alimentícia para a produção de gelatina.

Sua capacidade produtiva é de 60 toneladas/dia de couros, sendo aproveitado no momento somente 70% desta capacidade, sendo 40% para a

Matriz e 60% para serviços terceirizados. A grande maioria da matéria prima é procedente dos frigoríficos do Estado, recebendo também peles de alguns estados do Norte como Maranhão, Acre, Tocantins que enviam a pele salgada.

O Curtume se preocupa não só com a tecnologia empregada em seu processo produtivo. Para assegurar o bem-estar de todos e, preservar o meio ambiente, o curtume construiu uma estação de tratamento de efluentes , bem como realiza uma reciclagem dos banhos de caleiro e de cromo.

Desde sua implantação há 5 anos vem contribuindo com o desenvolvimento regional, oferecendo entre 90 a 110 empregos diretos na produção, administração e estação de tratamento de efluentes além de fazer parte do SINDICOURO–MS e trabalhar em conjunto com a SEMA (Secretaria do Meio Ambiente – MS).

3.2.1 Aspectos particulares desta unidade de negócio.

Os recursos humanos dentro do sistema produtivo, por terem sido contratados na região, não possuem experiência profissional em indústrias, mas sim na agricultura e pecuária. As entrevistas com os técnicos apresentaram este motivo como principal responsável pelo grande índice de falhas humanas.

Estas falhas humanas prejudicam a empresa de várias maneiras, com acidentes (atrasando a produção), imperfeições no produto final (afetando a qualidade) e provocando retrabalho, aumentando os custos de produção.

A tomada de decisões é centralizada na matriz, delegando a esta unidade só decisões a respeito da rotina diária da produção e relações internas. O que é explicado pelo fato de ser uma empresa familiar e esta característica ser comum nas empresas desta natureza.

A cultura organizacional adotada incentiva a participação de seus funcionários na resolução de alguns problemas. A supervisão é realizada de uma maneira mais amena, dando ênfase à responsabilidade individual sobre cada tarefa executada dentro do sistema produtivo.

No setor de curtimento os funcionários recebem prêmios monetários por ganhos em produtividade com menores índices de retrabalho. Nesta etapa produtiva o retrabalho é realizado em lotes inteiros elevando muito os custos .

O gerente desta unidade de negócio busca um ambiente sem punições para as falhas humanas, procurando com conversas individuais, conscientizar os funcionários das vantagens em se manter a confiabilidade no sistema produtivo da empresa.

O departamento de pessoal responsável pela parte legal que envolve as relações empresa-funcionário, também se preocupa com a qualidade de vida de seus funcionários demonstrado pela arborização de toda a área interna da empresa tentando amenizar os odores desagradáveis, próprios desta atividade. Além da preocupação em oferecer, no refeitório, aos seus funcionários refeições no início e entre os turnos.

Os funcionários da parte administrativa e os responsáveis pela parte da Ribeira trabalham 8 horas/diárias, iniciando às 9 h e indo até as 17 h e 30 min. Na parte dos fulões de Caleiro os 03 fuloneiros (designação para esses funcionários) trabalham em 3 turnos de 8 horas de segunda a sábado, na parte dos fulões de curtimento os 04 fuloneiros trabalham em turnos de 12 horas em regime de 12 horas/36 horas de descanso, ficando assim esta parte suprida de domingo a domingo.

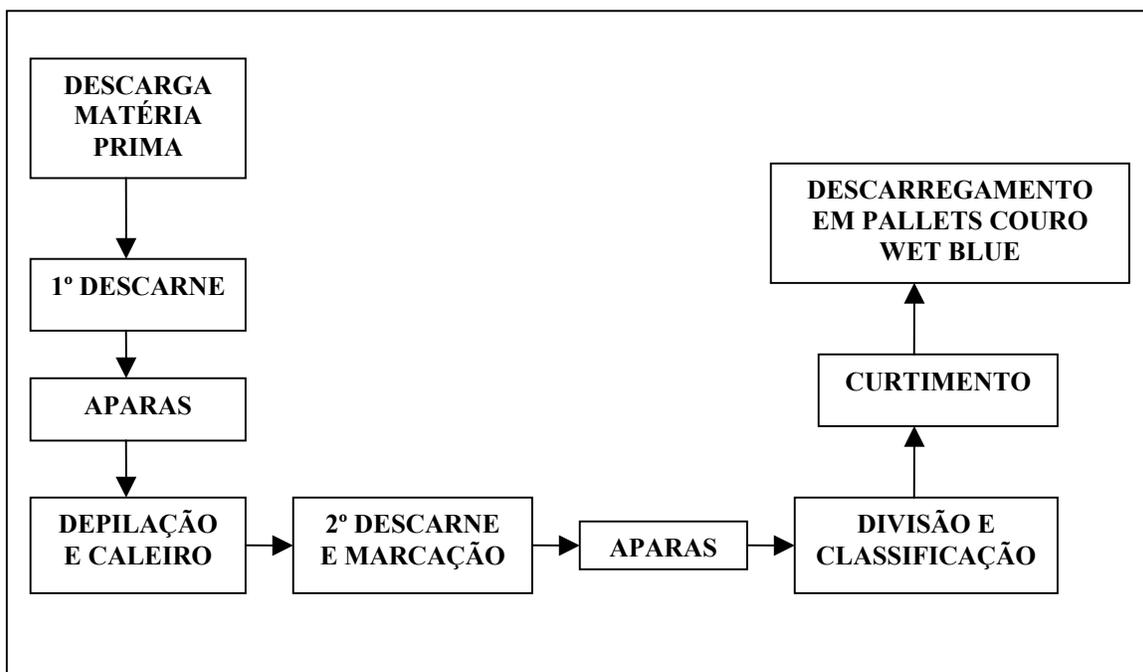
A falta de confiabilidade do fator humano na produção é apresentada pelos técnicos como a maior responsável pelos retrabalhos dentro desta agroindústria .

3.2.2 Sistema produtivo.

Quando as peles chegam ao curtume são descarregadas mecanicamente. Neste recebimento já é realizado um furo na linha do lombo, retira-se o rabo e a pele é pendurada no transporte por meio de gancho. Na próxima etapa retiram-se da pele as partes que não entrarão no processo e que atrapalharão nas próximas etapas do processo produtivo.(cabeça, umbigo, órgãos genitais, etc)

O primeiro descarne é realizado pela descarnadeira que é uma máquina composta por um rolo com facas helicoidais que servem para a retirada dos restos de carne, sebo, que ficam na pele do animal durante a esfolagem no frigorífico. O sebo é posteriormente utilizado para a produção de óleo beneficiado pelo próprio curtume. Na figura 8 se encontra o fluxograma da produção

Figura 8 : Fluxograma da Produção



A pele descarnada é pendurada nos ganchos e aparada novamente (manualmente) retirando os restos de sebos que ficam grudadas nas extremidades da pele. Esta é encaminhada então pelos ganchos por transporte aéreo, onde já é contada e pesada automaticamente, até os fulões¹⁰ de caleiro. Esta pesagem é importantíssima pois é através desta que é calculada (manualmente) a quantidade de água e produtos químicos usados no processo de depilação e caleiro.

Os fulões de caleiro, tem capacidade de 12 toneladas de pele cada um e este processo de limpeza é finalizado após mais ou menos 22 horas, permitindo assim que as peles estejam inchadas e limpas para posterior novo descarne e divisão.

As peles já limpas e sem cabelos são descarregadas e penduradas (manualmente) nos ganchos de transporte, indo automaticamente até a máquina do segundo descarne, onde é retirado o restante de sebo e carnaça. Novamente passam por aparas quando acontece também a marcação por duas letras e números (registra o frigorífico de procedência, o curtume, e o lote). Colocadas na máquina de divisão (rolo de navalhas divide as peles caleiradas ao meio em sua espessura) resultando a parte de cima chamada de flor e a parte de baixa denominada raspa.

A classificação se processa manualmente e a escolha dos couros é realizada em função dos defeitos, da espessura, do tamanho e em função do artigo solicitado pelo cliente (matriz ou cliente do serviço terceirizado).

¹⁰ Fulões : São tambores de madeira que giram em torno de seu eixo, têm formato cilíndrico, na parte interna tem travessas ou tornos destinados a favorecer a movimentação da carga (produtos químicos que entram em contato com as peles homogeneamente)

São novamente colocadas nos ganchos e transportadas via aérea, onde são novamente contadas e pesadas automaticamente, para seguirem à fase final do processo, o curtimento. Até este momento são realizadas as Operações de Ribeira citadas acima no sistema produtivo do couro.

São descarregadas nos seis fulões de curtimento com capacidade de 9 toneladas de pele calerada cada um. Nestes fulões, através de banhos químicos serão curtidas as peles tornando-as imputrescíveis. No processo de curtimento são retirados o excesso de cal usado no caleiro, os restos de gorduras, proteínas e pelos, através de purga e lavagem; acidificam-se as peles através do ácido no piquel e é adicionado óxido de cromo que provocará o curtimento da pele. Este processo é finalizado em 8 horas.

Após este curtimento as peles se encontram no estágio wet blue (azul molhado), são descarregadas em pallets de madeiras para posterior transporte.

Existe nesta unidade de negócio um laboratório de análises químicas, onde são realizados testes no produto final (wet blue), nos insumos químicos são verificados as concentrações dos agentes químicos, além de análises dos banhos de caleiro e curtimento, controle nas águas residuais de efluentes e água de fornecimento (caldeira) e produção. São utilizados como parâmetros especificações químicas pré estabelecidas de acordo com as exigências de qualidade ditadas pelos clientes e órgãos regulamentadores. Estas análises químicas são utilizadas pelos técnicos químicos e pelo gerente da unidade na administração da produção.

3.2.3 Seção de Caleiro e Curtimento.

Segundo a entrevista com os técnicos químicos do curtume em todo o sistema produtivo descrito acima é na parte de caleiro e curtimento que estão os gargalos da produção ocasionados por falhas humanas. Nestas duas fases a pesagem e a contagem das peles são realizadas automaticamente, com balanças e contadores eletrônicos, com dados da pesagem e contagem os fuloneiros calculam a quantidade de produtos químicos que devem ser adicionados para que o processo químico produza os resultados esperados. Esta fase depende da atenção, conhecimento específico, capacidade de cálculo e capacidade de iniciativa dos fuloneiros.

Estes operadores devem acompanhar todo o processo que no caleiro leva em média 22 horas e no curtimento umas 8 horas. Contam com o apoio de dois técnicos químicos que devem ser avisados se qualquer alteração acontecer durante todo o processo.

Conforme foi relatado pelos técnicos alguns dos maiores problemas aconteceram durante a noite por falta de um acompanhamento mais efetivo dos operadores em todo o processo. Estes problemas poderiam ter sido sanados se os técnicos fossem avisados a tempo para interromper e corrigir o problema. O gerente relatou que a maior perda desta unidade de negócio ocorreu na fase do curtimento resultando em um prejuízo de aproximadamente R\$ 30.000,00 que só não foi maior porque o resultado do processo ainda pode ser utilizado pela indústria alimentícia na fabricação de gelatina.

Os técnicos químicos relataram que os retrabalhos ocasionados pelas falhas humanas nesta fase da produção se diluem entre o restante da produção isto quando a demanda está baixa, aproveitando a ociosidade da mão de obra. Quando a capacidade da unidade de negócio está sendo utilizada ao máximo estes retrabalhos, além de aumentarem muito os custos, causam atrasos na

produção, causando um efeito dominó que acaba por prejudicar a matriz e seus clientes e os clientes dos serviços terceirizados.

Conforme o gerente, a fase de curtimento é a fase que maior impacto tem em relação ao custo de produção, porque envolve a utilização de produtos químicos de custos elevados. As falhas humanas podem provocar nesta fase a utilização demasiada dos produtos químicos provocando perdas parciais ou totais dos produtos em processo. Nas outras fases do sistema produtivo as falhas humanas podem ser recuperadas em nível de pele a pele enquanto na fase de curtimento e caleiro envolvem lotes inteiros da produção.

Conforme o relato dos técnicos químicos quando a unidade de negócio foi inaugurada foi necessária a presença de fuloneiros trazidos da matriz para treinarem *on “the job”* os novos funcionários. A empresa agora escolhe os novos fuloneiros entre os funcionários que se destacam das demais fases produtivas, que tenham as aptidões necessárias para realizarem as tarefas e o treinamento *on the job* é realizado pelos próprios técnicos químicos. A matriz conta com o apoio do SENAI – RS e o CTCCA. Centro Tecnológico do Couro, Calçados e afim, para treinarem seus funcionários, mas no Estado do Mato Grosso do Sul ainda não há este tipo de apoio o que para esta unidade de negócio representa uma grande barreira para a confiabilidade do fator humano na produção.

3.3 Metodologia do Estudo de Caso.

Para o desenvolvimento do presente estudo de caso e o cumprimento de todos os objetivos específicos foi necessária a aplicação de diversas técnicas. Neste sentido, apresenta-se a seguir o método de análise, bem como os instrumentos de pesquisa que foram utilizados.

3.3.1-A análise básica do Estudo.

Este estudo visa analisar e classificar as causas mais comuns das falhas humanas involuntárias encontradas no sistema produtivo do couro no curtume até a fase wet blue. Para esta análise utilizou-se o Relatório de Acidente do Trabalho utilizado pelo curtume durante o ano de 2000 e 2001 até junho. Não havia outro tipo de relatório sistematizado que pudesse ser utilizado. Os outros dados sobre os retrabalhos foram obtidos através de entrevistas não estruturadas, realizadas com os técnicos químicos e o gerente da unidade de negócio foco deste Estudo.

3.3.2 Natureza da pesquisa.

Considerando o tipo de estudo e os objetivos a que se propõe, a natureza da pesquisa é bibliográfica na classificação que se fará nas falhas humanas encontradas, é qualitativa pelas informações a serem colhidas na empresa e quantitativa pois é necessário formalizar as informações colhidas em tabelas e gráficos .

3.3.3 Instrumentos de coletas de dados.

Dois tipos de dados foram coletados: primários e secundários. Os dados primários foram extraídos mediante a realização de entrevistas não estruturadas com o integrante da gerência local, técnicos químicos do local e o técnico em Segurança do Trabalho do local em questão, com base em um roteiro previamente estabelecido. As entrevistas tiveram aproximadamente 32 horas de

duração e foram explorados e extraídos dados e informações sobre os principais elementos que compõem este estudo.

A obtenção dos dados secundários foi possível através de consultas a revistas especializadas, artigos científicos, relatórios de atividades da empresa, livros especializados e dissertações.

3.3.4 Metodologia para execução dos objetivos específicos.

Visando estudar as falhas humanas no sistema produtivo do curtume em questão efetuou-se um estudo bibliográfico que fundamentasse a pesquisa. Através deste foi possível classificar, de acordo com a classificação escolhida, as falhas humanas encontradas no sistema produtivo. Para isso foi utilizado o Relatório de Acidentes de Trabalho da empresa onde o acidente foi provocado por Ato Inseguro que segundo o técnico em Segurança da Empresa era a classificação utilizada para acidentes decorridos por falhas do operador.

Após a classificação foi possível hierarquizar e analisar as causas das falhas humanas utilizando a técnica “Árvore de Causas dos Erros Humanos”. Com estes dados colhidos, analisados e classificados foi possível gerar um relatório e gráficos com os resultados obtidos.

O pesquisador de posse do relatório e dos dados primários e secundários teve a possibilidade de diagnosticar a realidade e sugerir algumas ações preventivas em relação às falhas humanas no sistema produtivo do curtume em questão.

3.3.5 Identificação das variáveis

As variáveis que serão analisadas neste trabalho foram as seguintes relacionadas a seguir:

- Danos a pessoas e equipamentos:
- Impactos sobre produtos em processo
- Tipos de erros
- Causas dos erros humanos

3.3.6 Técnicas de Coleta e de Tratamento dos dados

Todo projeto de pesquisa deve evidenciar as técnicas de coleta de dados que pretende utilizar no levantamento de dados primários e secundários para o desenvolvimento da pesquisa. Considerando as técnicas de coletas de dados que podem ser utilizadas, o presente estudo adotou a observação simples, a entrevista não estruturada e a análise documental.

Através da entrevista com o gerente e os técnicos, com o objetivo de identificar aspectos fundamentais e históricos da empresa, pôde-se obter uma compreensão da cultura organizacional; com a observação simples foi possível entender de uma maneira mais ampla todo o sistema produtivo para poder entender todas as variáveis internas e externas que poderiam ser as causas das falhas humanas e a análise documental foi utilizada para levantar dados sobre os acidentes de trabalho, já que este era o único documento sistematizado que tinha alguma relação com o foco do estudo.

3.3.7 Limitações da pesquisa

Para a realização dos seus objetivos, a pesquisa apresentou limitações relacionadas a sua natureza, no que tange ao seu escopo e desenho. O escopo da pesquisa contemplou especificamente uma unidade de negócio de uma agroindústria do tipo curtume.

O desenho da pesquisa impõe limitações características de uma abordagem qualitativa. Outro aspecto que limitou o desenvolvimento da pesquisa foi a inexistência de relatórios sistematizados e consistentes a respeito de incidentes que culminaram em retrabalhos no sistema produtivo.

Também pode ter sido apresentada alguma informação com preconceitos, entendimentos ou mesmo omissão em certos dados coletados nas entrevistas pelo autor, podendo diferenciar-se da realidade atual.

O estudo apresenta como principal limitação o fato da venda da empresa em questão para outro grupo, impossibilitando o acompanhamento para implantação e a análise sobre os resultados das ações preventivas sugeridas pelo autor.

3.4 A análise e classificação das causas mais comuns das falhas humanas encontrados na produção do couro.

Não há uma análise sistematizada levantando dados sobre os tipos, as causas, os danos ocasionados pelas falhas humanas a não ser quando culminam em acidentes com ou sem afastamento.

O Relatório de Acidente de Trabalho é realizado pelo técnico em Segurança do Trabalho e possui uma classificação própria dividida em Ato Inseguro, Condição insegura e F.P.I (Falta de Proteção Individual).

Pelas informações dos técnicos e do gerente da unidade de negócio nas fases de Caleiro e Curtimento do Sistema Produtivo que acontecem nos fulões de curtimento como demonstra na figura 9, são onde surgem os gargalos na produção. Sendo o motivo que levou esta pesquisadora dar maior ênfase na análise e recomendações sobre as falhas humanas nestas fases do sistema produtivo.

Para a analisar as falhas humanas foram utilizados estes Relatórios de Acidentes de Trabalho em número de 18 relatórios do ano de 2000 e de 2001(até junho). Os resultados encontrados foram colocados em uma tabela onde também se avaliou a causa destes, seguindo o método de análise da Árvore de erros humanos que está relacionada na fundamentação teórica.

Na tabela 4 a seguir consta a análise e a classificação realizadas baseadas nos acidentes de trabalho da empresa.

Constataram-se 11 casos de falhas humanas por motivação incorreta quando a grande maioria destes foram ocasionados por negligência ou imprudência do operador, contrariando as práticas ou regras da empresa e ainda porque o operador tentou ganhar tempo. Outros 6 casos ocorreram por falhas humanas por condição ergonômica desfavorável, quando se apresentaram condições de trabalho com situações de dificuldades para a maioria dos operadores e 2 casos de falhas humanas por deslize, porque os operadores esqueceram de cumprir algum passo em tarefa rotineira.

Figura 9: Fulões de Caleiro e Curtimento



Tabela 4: Análise e Classificação dos erros humanos nos acidentes de trabalho no ano de 2000 e 2001

Seção	Afastamento	Classificação pelo relatório	Classificação da causa
Raspa Seca	07 dias	1	4
1º Descarne	03 dias	1	4 e 5
Manutenção	05 dias	2	4
Fulão Curtimento	02 dias	1	4
2ª Apara	07 dias	2	5
Fulão curtimento	07 dias	1	4
Fulão curtimento	60 dias	1	5
1º Descarne	07 dias	3	4
2º Descarne	07 dias	1	4
Caldeira	15 dias	1	6
Caldeira	07 dias	2	5
Manutenção	s/afastamento	1	6
Fulão curtimento	s/afastamento	2	5
Efluentes	s/afastamento	2	5
Carpintaria	s/afastamento	1	4
Divisora	s/afastamento	1	4
Oleína	s/afastamento	1	4
Manutenção	07 dias	1 e 3	4

Classificação pelo relatório:

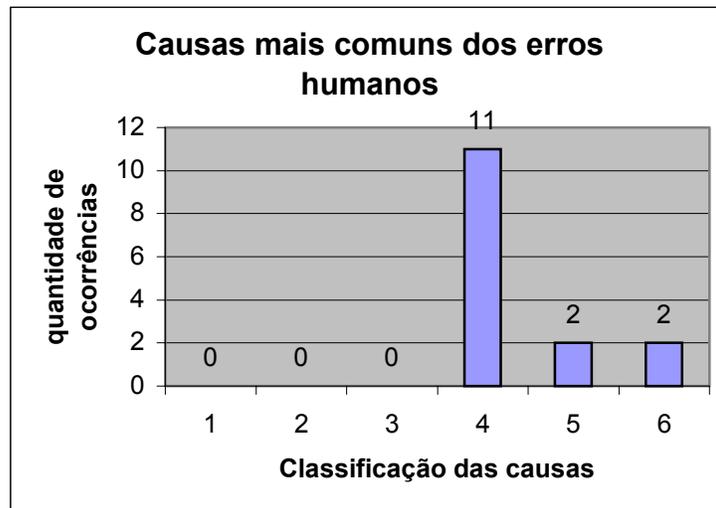
- 1 – Ato Inseguro : Falha do Operador
- 2 Condição Insegura : Ambiente ou equipamento ofereceu risco
3. F.P.I : Falta de equipamento de proteção individual.

Classificação da causa:

- 4 Erro Humano por motivação incorreta
- 5 Erro humano por condição ergonômica desfavorável
- 6 Erro humano por deslize

A seguir demonstram-se estatisticamente a causa mais comum encontradas dentro dos acidentes com origem no erro humano relacionada com o Ato Inseguro:

FIGURA 10: Classificação dos erros humanos mais comuns encontrados nos relatórios de acidentes de trabalho.



3.5 Modelo proposto para registro, controle e análise das falhas humanas.

Após terem sido analisadas e classificadas as causas mais comuns encontradas das falhas humanas, seguindo a técnica de análise da Arvore de erros humanos, a proposta deste trabalho é agora elaborar um modelo de relatório onde constem também outras classificações básicas como:

- a) Danos a pessoas, equipamentos ;
- b) Impactos sobre os produtos em processo;
- c) Tipos de erros Humanos;

Ressalta-se que nesta unidade de negócio não existe nenhum relatório que apure as causas dos retrabalhos mesmo sabendo-se de maneira empírica que os maiores responsáveis são os erros dos operadores. Convém ressaltar que este relatório deve ser realizado pelos responsáveis dos setores que conhecem a rotina diária e devem ser realizados logo após a ocorrência do incidente para que todos os detalhes possam ser recuperados tornando as ações preventivas mais eficazes.

3.5.1 Danos a pessoas e equipamentos

O objetivo desta é classificar as falhas humanas conforme os danos ocasionados internamente à empresa. Na fundamentação teórica sobre falhas humanas foi referenciado que estas podem ter uma série de conseqüências que prejudicam as empresas pois refletem em custos de produção. Assim estes danos são assim classificados conforme sintetizado na Tabela 5, e descrito a seguir:

Tabela 5: Danos a pessoas e equipamentos

NÍVEL	DESCRIÇÃO
1	Nenhum
2	Materiais
3	Pessoais
4	Materiais e Pessoais

Fonte: adaptado Pedrassani (2000)

No nível 1 são considerados os erros que não produzem danos de nenhuma espécie, porém provocam retrabalho. Ressalte-se, porém, que este estudo é de suma relevância por revelar deficiências no sistema que, ao serem estudadas, proporcionam oportunidade de melhorias de caráter preventivo.

No nível 2 são considerados os erros que provocam danos materiais, como, por exemplo danos ou destruição de ferramentas, dispositivos, equipamentos ou instrumentos.

No nível 3 são considerados os erros que provocam ferimentos pessoais (fazendo parte aí os acidentes de trabalho).

No nível 4 são considerados os erros que provocam danos materiais e ferimentos pessoais simultaneamente.

3.5.2 Impactos sobre os produtos em processo.

O objetivo desta classificação é determinar quais as conseqüências do erro humano nos materiais em processo e produtos finais. Este trabalho propõe 3 níveis impacto, conforme descrito a seguir e sintetizado na tabela 6 .

Tabela 6 : Impactos sobre os produtos em processo.

NÍVEL	DESCRIÇÃO
1	Sem conseqüência
2	Com danos materiais – retrabalho
3	Com danos materiais – perda total

Fonte: adaptado Pedrassani (2000)

O nível 1 (sem conseqüências) refere-se àqueles erros que não produzem danos materiais nem pessoais e nem tampouco provocam problemas na matéria-prima em processo. Seriam aqueles incidentes sem nenhum efeito imediato no sistema produtivo, porém sua análise é extremamente importante pela oportunidade de promover melhorias preventivas.

O nível 2 (com danos materiais-retrabalho) refere-se àqueles erros onde houve danos nos materiais em processo sendo possível ainda reverter e aproveitar a material.

O nível 3 (danos materiais – perda total) refere-se àqueles erros que provocam perda total do material em processo causando perdas irrecuperáveis.

3.5.3 Tipos de Falhas Humanas involuntárias do tipo erro

Quanto aos tipos de erros humanos, adota-se a classificação de IIDA (2000) no tópico 2.1 na fundamentação teórica. Conforme sintetizado na tabela 7.

Tabela 7 : Tipos de erros humanos

NÍVEL	TIPO
1	Erro de percepção
2	Erro de decisão
3	Erro de ação

Fonte: adaptação de IIDA (2000)

A compreensão do mecanismo dos erros na mente humana possibilita a abertura de um grande leque de ações preventivas direcionadas a cada caso ainda mais quando aliada a uma classificação das causas que é a próxima classificação proposta para este relatório.

3.5.4 Causas das falhas humanas do tipo erro

O objetivo desta classificação é incorporar a este relatório possibilidades de descobrir a causa raiz do incidente, acidente ou problema sério e partir desta, partir para ações preventivas efetivas. Esta classificação obedece ao método da Árvore de causas dos erros humanos relacionado na fundamentação teórica. E será sintetizado conforme a tabela 8.

Tabela 8 : Causas dos erros humanos

TIPO	DESCRIÇÃO
1	Falha de informação
2	Falta de capacidade
3	Falta de aptidão físico-mental
4	Motivação incorreta
5	Condição ergonômica desfavorável
6	Por deslize

Fonte: Adaptado de COUTO (1997)

Por ser o principal foco deste trabalho será necessário abordar de uma maneira mais aprofundada cada um destes níveis de causas dos erros humanos para que se tenha possibilidade de encontrar ações preventivas que é a razão desta classificação figurar neste relatório proposto.

O nível 1 refere-se ao Erro Humano por Falha de Informação, que é caracterizado por atender a algumas destas perguntas com a resposta não:

- Há regras para a função?
- Em geral os trabalhadores conhecem as regras?
- As regras são revistas periodicamente?
- A informação escrita (regra, planta, mapa) corresponde à realidade?
- Entendeu-se certo uma ordem transmitida?
- A informação foi passada de forma completa?

Respondendo a alguma destas perguntas com a resposta NÃO o responsável analisa as ações indicadas para que este erro não seja repetido.

O nível 2 refere-se ao Erro Humano por Falta de Capacidade que é caracterizado por atender a seguinte pergunta com a resposta NÃO:

- A pessoa tem a habilidade necessária para a função?

Respondendo a esta pergunta com a resposta NÃO o responsável analisa as ações indicadas para que este erro não seja repetido.

O nível 3 refere-se ao Erro Humano por Falta de Aptidão Físico-Mental que é caracterizado por atender a seguinte pergunta com a resposta NÃO:

- Houve algum fator que tenha contribuído para tirar ou reduzir o grau de aptidão física ou mental para o trabalho? (ex: stress, tensão, doença., ruído alto, calor, vibração, alcoolismo).

Respondendo a esta pergunta com a resposta NÃO, o responsável analisa as ações indicadas para que este erro não seja repetido.

O nível 4 refere-se ao Erro Humano por Motivação Incorreta que é caracterizado por atender a algumas destas perguntas com a resposta NÃO:

- A pessoa tentou ganhar tempo?
- Baseou seu comportamento no exemplo dos superiores? Ou na tolerância da supervisão?
- A pessoa tentou fazer a coisa certa, em benefício da empresa, porém utilizando caminhos que não deveria?
- A pessoa vem adotando práticas erradas contrariando conhecimentos básicos do curso profissionalizante? Ou contrariando as práticas ou regras da empresa?
- A pessoa foi negligente? Ou imprudente?

Respondendo a alguma destas perguntas com a resposta NÃO, o responsável analisa as ações indicadas para que este erro não seja repetido.

O nível 5 refere-se ao Erro Humano por Condição Ergonômica Desfavorável que é caracterizado por atender a seguinte pergunta com a resposta NÃO:

- A condição de trabalho contém situações de dificuldades para a maioria das pessoas?

Respondendo a esta pergunta com a resposta NÃO, o responsável analisa as ações indicadas para que este erro não seja repetido.

O nível 6 refere-se ao Erro Humano por Deslize que é caracterizado por atender a todas estas perguntas com a resposta SIM: O trabalhador que cometeu a falha?

- Conhece bem a tarefa e os riscos?
- Normalmente toma cuidados para evitar os riscos?
- Esqueceu-se de cumprir algum passo em tarefa rotineira?

Respondendo a todas estas perguntas com a resposta SIM, o responsável analisa as ações indicadas para que este erro não seja repetido.

Esta é a técnica da “Arvore de causas do erro humano” segundo COUTO (1997) e este trabalho sugere que seja incluído um quadro a ser respondido pelo analista, possibilitando maiores detalhes sobre a causa raiz dos erros. Sua aplicação seria logo após a caracterização do erro segundo a técnica acima descrita, solicitando que o analista assinalasse a opção que caracteriza a situação.

No tipo 1 de erro humano por falta de informação, ocorrem os seguintes tipos de causas raízes:

- 1A – Falta de normas e especificações na empresa para execução das tarefas.
- 2A - Informações sobre a etapa produtiva restrita aos técnicos, prejudicando alguma tomada de decisão momentânea pelo operador.
- 3A - Faltou um período de socialização com transmissão de informações (normas) para os funcionários novos permitindo que eles soubessem o que precisariam para realizar suas tarefas eficazmente.

No tipo 2 de erro por falta de capacidade, ocorrem os seguintes tipos de causas raízes:

- 2A - Seleção inadequada externa ou interna, não observando todas as aptidões e capacidades necessárias para realização das tarefas.
- 2B – Treinamento pouco eficiente, não conseguindo desenvolver o operador as capacidades necessárias para realização de suas novas tarefas.
- 2C – Treinamentos inadequados, desenvolvendo capacidades não pertinentes as suas tarefas e esquecendo as de real importância.

No tipo 3 de erro por falta de aptidão físico-mental, ocorrem os seguintes tipos de causas raízes:

- 3A - Seleção inadequada, por não observar condições psicológicas – inteligência emocional do candidato.
- 3B – Falta de acompanhamento médico, podendo consultas médicas periódicas indicar problemas, antes que estes se agravassem.
- 3C – Situação ambiental, clima de trabalho extremamente competitivo, estressante.

No tipo de erro 4 por “ motivação incorreta”, ocorrem os seguintes tipos de causas raízes:

- 4A - Supervisão autocrática, provocando desestímulo pelo medo instituído entre os funcionários.
- 4B – Falta de delegação de maiores responsabilidades. Esta situação causa desestímulo nos funcionários por não sentirem reconhecimentos de suas aptidões ou méritos.
- 4C – Comando duplo, deixando os funcionários confusos, perdidos.

4D – Exigências por maiores produtividades sem condições técnicas necessárias, como maquinário novo, conhecimentos necessários, matéria-prima sem qualidade.

No tipo de erro 5 por condição ergonômica desfavorável, ocorrem os seguintes tipos de causas raízes:

5A - Equipamento inadequado, por obsolescência, por falta de manutenção, falta de condições ergométricas.

5B – Ambiente inadequado, apresentando um ambiente muito quente, sem luz suficiente, com ruídos muito altos, sujo.

5C – Organização do trabalho inadequada, processos lentos e ineficazes, layout inadequado.

No tipo do erro 6 por deslize, ocorrem os seguintes tipos de causas raízes:

6A - Falta de rodízio funcional, tornando as rotinas do trabalho extremamente repetitivas, possibilitando que o funcionário ligue o piloto automático .

6B – Falta de poka-yokes, permitindo a prevenção de erros por falta de atenção.

6C – Situação física do sistema, permitindo que o funcionário se distraia.

Pode-se ainda solicitar ao analista que não encontrando nas opções a situação encontrada no incidente ou acidente, relate o que na sua opinião foi a causa raiz do erro humano. Várias incidências em um determinado período abrem precedente que justifique incorporá-lo ao modelo sugerido.

Tabela 9 : Causas raízes dos erros humanos

TIPO	DESCRIÇÃO	CAUSAS RAÍZES
1	Falha de informação	(1A) Falta normas e especificações (1B) Informações restritas aos técnicos (1C) Faltou um período de socialização com transmissão de informações (normas)
2	Falta de capacidade	(2A) Seleção inadequada (2B) Treinamentos poucos eficientes (2C) Treinamentos inadequados
3	Falta de aptidão físico-mental	(3A) Seleção inadequada (3B) Falta de acompanhamento médico (3C) Situação ambiental
4	Motivação incorreta	(4A) Supervisão autocrática (4B) Falta de delegação de maiores responsabilidades (4C) Comando duplo (4D) Exigências por maiores produtividades sem condições técnicas.
5	Condição ergonômica desfavorável	(5A) Equipamento inadequado (5B) Ambiente inadequado (5C) Organização do trabalho inadequado
6	Por deslize	(6A) Falta de rodízio funcional (6B) Falta de poka-yokes (6C) Situação física do sistema

3.5.5 Outras classificações

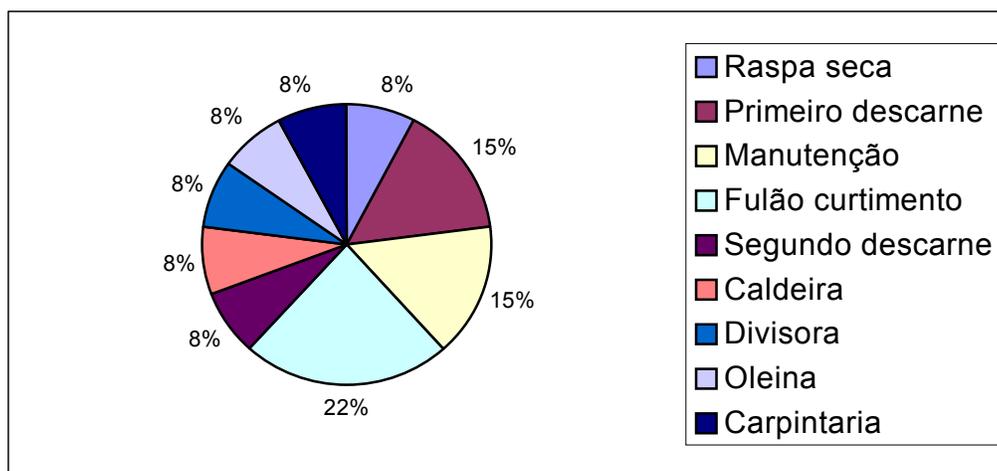
Não se procedeu a outras tabulações como a incidência de erros por período do dia pela manhã, pela tarde ou pela noite; erros por dia da semana e erros por função, por falta de maiores dados. Sobre a seção em que ocorreram os acidentes provocados por erros humanos foi possível porque constava no Relatório de Acidentes de Trabalho.

Convém ressaltar que não havia até então nesta unidade de negócio qualquer relatório que pudesse avaliar as causas, danos e impactos de incidentes e problemas existindo somente o relatórios acima mencionados, não sendo este suficiente no que diz respeito à prevenção. Pois pequenos incidentes sem grandes conseqüências podem ser o primeiro indício de grandes problemas.

Os dados sobre retrabalhos só estavam disponíveis na empresa através de relatos e por tanto dispersos e não formalizados. Isto tudo se deve a questões culturais da organização e da região que já foram levantadas.

A classificação segundo a seção de trabalho assim ficou representada como mostra a figura 11:

Figura 11 : Falhas humanas por seção de trabalho



O relatório gerado e demonstrado na tabela 10, deixa evidente que os maiores danos encontrados foram pessoais, sem maiores impactos nos produtos em processo, evidenciando que as falhas humanas mais encontradas foram do tipo erro de ação e erros por motivação incorreta. As sugestões sobre ações preventivas em relação a estes tipos de falhas humanas e suas causas raízes estão relacionadas na fundamentação teórica na figura 4. A seguir apresenta-se a tabela 10 com o relatório proposto baseado no Relatório de Acidentes de Trabalho de 2000 e 2001(Até junho).

Tabela 10: Relatório proposto baseado no Relatório de Acidentes de Trabalho em 2000 e 2001(Até junho).

Seção	Danos a pessoas e equipamentos	Tipos de erros humanos	Causa do erro humano	Impactos sobre os produtos em processo.	Causas raízes dos erros humanos
Raspa Seca	4	1	4	2	4B
1º Descarne	3	3	4 e 5	1	4D e 5C
Fulão Curtimento	3	3	4	1	4B
Fulão curtimento	3	3	4	1	4B
Fulão curtimento	4	1	5	2	5C
1º Descarne	4	3	4	2	4B
2º Descarne	3	3	4	1	4D
Caldeira	4	2	6	1	6A
Manutenção	4	2	6	1	6C
Carpintaria	3	3	4	1	4D
Divisora	3	3	4	1	4B
Oleína	3	3	4	1	4B
Manutenção	3	3	4	1	4D

Classificação por danos a pessoas e equipamentos:

- 3 Pessoais
- 4 Materiais e Pessoais.

Classificação por Tipos de erros humanos:

- 1 Erro de percepção
- 2 Erro de decisão
- 3 Erro de ação

Classificação das causas e causas raízes do erro humano:

- 4 Erro humano por motivação incorreta
 - 4B Falta de delegação de maiores responsabilidades
 - 4D Exigências por maiores produtividades sem condições técnicas
- 5 Erro humano por condição ergonômica desfavorável
 - 5C Organização do trabalho inadequado
- 6 Erro humano por deslize
 - 6A Falta de rodízio funcional

Classificação por impactos sobre os produtos em processo:

- 1 Sem conseqüência
- 2 Com danos materiais – retrabalho

3.6 Conclusões e sugestões do Estudo de Caso

Pode-se dizer que a situação nesta unidade de negócio reúne as condições, citadas em Bibliografia, que caracterizam um sistema homem-máquina e, portanto, existem muitas situações onde podem ocorrer erros humanos.

Um importante passo já foi dado com a criação do relatório no diagnóstico realizado e que poderá ser repetido pela empresa para todos os incidentes e acidentes que ocorrerem. Este Relatório de Anomalias permitirá a coleta de uma quantidade de dados suficiente para análise formal e eficaz das causas dos erros humanos desde que seja gerado para todo incidente que venha a acontecer no sistema produtivo.

O gerente desta unidade de negócio necessita incorporar uma nova cultura de segurança, onde todos os incidentes, mesmo aqueles aparentemente insignificantes, sejam expostos com o objetivo de proporcionar conhecimentos. Este trabalho aponta um caminho possível e viável, uma vez que contribui para desmistificar a falha humana e deixar claro que quando ela ocorre (e ocorre com frequência maior que normalmente admitida), não é por culpa do indivíduo e sim devido a uma falha do sistema, entendido em sua forma mais ampla.

O foco em incidentes em lugar do foco em acidentes deve ser incentivado pela gerência, pois esta é a forma correta de buscar a prevenção de acidentes e de retrabalhos.

Recomenda-se um sistema de treinamento específico que aborde de forma científica os aspectos da motivação incorreta, comunicação e prevenção de erros enfocando especificamente as necessidades da área de curtimento, considerando

suas necessidades que são mais específicas em relação ao processo químico, diferentes daquelas das áreas envolvidas na parte de ribeiro da produção.

Este treinamento deve abranger aspectos de cultura organizacional, cultura de segurança e resistência às mudanças organizacionais e comportamentais necessárias à empresa moderna, em especial buscando proporcionar um ambiente em que as pessoas se sintam motivadas a entender a cultura organizacional, em especial buscando proporcionar um ambiente em que as pessoas se sintam motivadas a registrar todos os incidentes, da forma recomendada pelo método proposto neste trabalho.

As pessoas só se sentirão motivadas a relatar todos os incidentes ocorridos, ao sentirem-se seguros para tal, sabendo que não serão punidos e sim reconhecidos pela empresa como funcionários responsáveis e conscientes. Com isso a prevenção será enaltecida nas empresas.

CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES

Foi realizado um diagnóstico que pode ser utilizado para registro, análise e controle de falhas humanas, proposto no objetivo geral deste trabalho, visando à prevenção, quando anteriormente não existia nenhum método de registro.

Em relação aos objetivos específicos, este trabalho identificou os fatores relevantes que determinam os erros humanos e evidenciou a importância fundamental do registro de todos os incidentes, mesmo aqueles aparentemente insignificantes. Também ressaltou a importância de um maior formalismo e precisão dos relatórios, na medida em que identificou que o único relatório formal não permite a análise de incidentes e problemas.

Foram também estabelecidas as causas mais comuns a todos os erros humanos que levaram a um acidente haja visto, que o único registro sistematizado na agroindústria em questão era o Relatório de Acidentes de Trabalho no período de 2000 até junho de 2001. Mais importante que isto, a aplicação e divulgação deste método deve aumentar a probabilidade de que incidentes hoje ocultos sejam relatados, gerando mais dados que tornarão os futuros trabalhos de análise mais precisos e detalhados.

A constatação de que a maioria dos erros são provenientes de motivação incorreta, abre perspectivas de trabalhos na área de treinamento que possibilitarão o desenvolvimento da cultura industrial entre os fuloneiros e demais funcionários ao mesmo tempo que se sabe de maneira informal que falta de treinamentos técnicos para o fuloneiros que desenvolveriam o conhecimento técnico e a aprendizagem de posturas preventivas .

O diagnóstico apresentado neste trabalho apresenta algumas limitações, sendo que a mais evidente é a dependência do incentivo às colaborações voluntárias para que todos incidentes e acidentes possam ser registrados com todos os detalhes necessários e assim a análise produza resultados eficazes.

Dos temas abordados na Fundamentação Teórica deste trabalho, são de importância fundamental os conceitos de erros humanos, sistemas homem-máquina, cadeia agroindustrial e cadeia do couro e calçados. Os demais temas abordados são complementares para o entendimento do quadro completo da questão de erro humano em uma agroindústria.

Embora a questão de falhas humanas seja complexa e raramente gerenciada nas empresas, é necessário tratar deste tema. A indústria aeronáutica e a indústria nuclear, tem demonstrado que é possível gerenciar as falhas humanas à medida que eles são analisados, suas causas encontradas e enfocada a prevenção. Este trabalho propõe aplicar o diagnóstico com o objetivo de encontrar as causas das falhas humanas e aplicar ações preventivas para minimizar estas nos sistemas produtivos das agroindústrias em geral.

4.1 Futuros Trabalhos.

Com relação à contribuição e relevância, esse trabalho demonstrou que as falhas humanas podem ser prevenidas e a importância que esta prevenção tem para as empresas. O foco se fez na agroindústria que apresenta a probabilidade de maiores falhas humanas que as demais, por absorver mão de obra regional, normalmente da zona rural, que não possuem a cultura industrial em sua rotina trabalhista.

O presente trabalho não tem a pretensão de esgotar o assunto, nem se entende que o diagnóstico seja um modelo consagrado e acabado.

Muitos assuntos abordados no decorrer deste trabalho são de maior complexidade e requerem uma atenção diferenciada, o que seria impossível em uma única dissertação.

Recomenda-se que os trabalhos futuros possam abordar uma proposta de um sistema de treinamento específico para cada tipo de causa encontrada no diagnóstico para a falha humana. Também seria importante abordar de forma científica, os aspectos da motivação, comunicação das falhas humanas nas empresas, no sentido de propor formas de recompensas para os funcionários que comunicassem suas falhas e apresentassem uma proposta para minimizá-las.

Finaliza-se com a recomendação de um trabalho que relacionasse as falhas humanas com condições ergonômicas desfavoráveis enfocando a necessidade de estudos ergonômicos durante a etapa de projeto de equipamentos e ambientes de trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, Heliana. **Maior preocupação com a qualidade dos recursos humanos.** RH em síntese. Ed. 13. Novembro/Dezembro, 1996.

ALVES, Sérgio. **Revigorando a cultura da empresa:** uma abordagem cultural da mudança nas organizações, na era da globalização. São Paulo : Makron Books, 1997.

BASS, Bernard M. VAUGRAN, James A. **O aprendizado e o treinamento na indústria.** São Paulo: Atlas, 1978.

BARROS, Izabel Falcão do Rego. **Fatores antropométricos e biomecânicos da segurança do trabalho:** uma contribuição à análise de sistemas homem-máquina sob o ponto de vista da ergonomia. Manaus: Ed. Univ. do Amazonas, 1996.

BATALHA, Mario Olavo.(coordenador) **Gestão agroindustrial.** V.1. São Paulo: Atlas, 1997. 573 p.

BERKSON, W. e WETTERSEN, N. **Learning from error.** Hoffman & Campe. 1982.

BERNARDES, Cyro. **Sociologia Aplicada à Administração.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 1995.214 p.

BERNARDES, Cyro. **Sociologia Aplicada à Administração.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 1995.214 p.

BIO, Sérgio Rodrigues. **Sistemas de Informação.** São Paulo : Atlas, 1985. 183 p.

BOOG, Gustavo G. **Desenvolvimento de Recursos Humanos: investimento com retorno?** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980.

BRICCHI, Fátima Mota. **Como escolher o melhor treinamento.** Revista T&D. Ed. 67. Julho, 1998.

BROCKA, Bruce; BROCKA, M. Suzane. **Gerenciamento da qualidade.** São Paulo: Makron Books, 1994.

CAMPOS, Vicente Falconi. **O valor dos recursos humanos na era do conhecimento.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

CARVALHO, Antônio V. **Treinamento de Recursos Humanos.** São Paulo: Pioneira, 1988.

CARVALHO, Antonio Vieira. **Administração de Recursos Humanos.** V.1 São Paulo : Pioneira, 1997. 339 p.

CD – ROM REVISTA PROTEÇÃO 10 ANOS. Tema: Prevenção, **Colhendo resultados: árvore de causas é uma ferramenta importante na análise de acidentes.** Por Gerando Magela Ferrão. Ed. 58 – 96.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gerenciando pessoas.** São Paulo: Makron Books, 1992.

_____, _____. **Introdução à Teoria Geral da Administração.** 4. ed.
São Paulo : Makron Books, 1993.

_____, _____. **Como transformar RH (de um centro de despesas)
em um centro de lucro.** São Paulo: Makron Books, 1996.

_____, _____. **Recursos Humanos.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 1997.

COSTA, Cleida. **Educação para a competitividade.** RH em síntese. Ed. 08.
Janeiro/Fevereiro, 1996.

COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia aplicada ao trabalho;** o manual técnico
da máquina humana. Belo Horizonte: Eergo, 1996. vol. II

Congresso Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP 95. Anais.

São Carlos : UFSCAR, 1995

DEJOURS, Christophe . **O fator humano.** Rio de Janeiro: Editora Fundação
Getúlio Vargas, 1997. 101.p.

DRUCKER, Peter. **O melhor de Peter Drucker sobre administração Fator
Humano e desempenho.** 3 . ed. São Paulo: Pioneira, 1997.

FAO **The State of Food and Agriculture 1997.** FAO Agriculture Series no. 30.
Roma, 1997.

FARIA, Heloiza M. Nogueira de. **Treinamento de recursos humanos como fator
de produtividade.** In: Cadernos Cândidos Mendes, 1992.

FARIAS, Edvaldo de. **Formação e desenvolvimento profissional sobre a ótica
de novas competências.** Rhevisão. No. 03. Ano I. Maio/Junho, 1998.

Federação das Indústrias do Estado do Mato Grosso do Sul – FIEMS . **Programa agroindústria para Mato Grosso do Sul. 2ª fase.** Porto Alegre: Expansão Planejamento e Projetos Ltda, 1984.

FERREIRA, Ernande Monteiro. **Diagnóstico organizacional para qualidade e produtividade.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1994.

FERREIRA, Leda Leal. **Análise coletiva do trabalho.** Revista Brasileira de Saúde. Ocupacional. V. 21. p.7-18. 1993.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Minidicionário da Língua Portuguesa.** 3. ed. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1993.

FERREIRA, Ademir Antonio; REIS, Ana Carla Fonseca; PEREIRA, Maria Isabel. **Gestão empresarial de Taylor aos nossos dias.** São Paulo: Pioneira, 1997. 256 p.

FIALHO, Francisco; SANTOS, Néri dos. **Manual de análise ergonômica no trabalho.** Curitiba : Gênese, 1995. 283 p.

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de ergonomia.** 4. ed. Porto Alegre : Bookman, 1998.

GANTZEL, Gerson. ALLORA, Valerio. **Revolução nos Custos.** Salvador: Casa da Qualidade, 1996.

GIL, Antônio Carlos. **Administração de Recursos Humanos.** São Paulo: Atlas, 1994.

GUBER, Nestor Daniel. **Responsabilidade no projeto do produto: uma contribuição para a melhoria da segurança do produto industrial.**

Dissertação mestrado em Engenharia de Produção, UFSC: Florianópolis, 1998.

HOINACKI, Eugênio. **Peles e Couros** : origens, defeitos, industrialização. 2. ed.

Porto Alegre: Senai, 1989.

IIDA, Itiro. **Ergonomia**: projeto e produção. 6. reimpressão. São Paulo : Edgard

Blücher, 2000.

Investigação aponta que houve negligência no acidente com a P-36.**Jornal do**

Comercio-Recife: JC on line. Disponível em: <

http://www2.uol.com.br/JC/2001/0604/br0604_6.htm.> acesso em 06.04.2001

JOHNSON, Chris, **Why human error modeling has failed to help systems**

development. Interacting with Computers. Oxford : Elsevier. V. 11, n.6, p.

517-524, jul.1999.

KAGEYAMA, A. **Agroindústria: Conceitos e Parâmetros Principais In:**

UNICAMP/ SICCT As condições de Operação da Agroindústria Paulista.

mimeo. Convênio Unicamp / SICCT. 1984

_____, _____. (coordenadora) **O Novo Padrão Agrícola Brasileiro: Do**

Complexo Rural aos Complexos Agroindustriais In: Delgado, G. C. ;

Gasques, J. C. & Villa Verde, C. M. Agricultura e Política Públicas. Brasília:

IPEA (Série IPEA no. 127). 1990.

- KANAANE , Roberto. **Comportamento Humano nas Organizações**. São Paulo: Atlas, 1994. 95 p.
- KANTOWITZ, B. H.; SORKIN, R. D. **Human factors: understanding people-system relationship**. Wiley, Nova York, 1983.
- KAPLAN, Robert. S. ; NORTON, David P. **A estratégia em ação**: balanced scorecard. 7. ed. Rio de Janeiro, Campus, 1997.
- KLÖCKNER, Karen S.S.S. **Algumas diretrizes para programas de treinamento, conscientização e competência no âmbito de sistemas de gestão ambiental**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: PPGE/UFSC, 1999.
- KOGI, K. S. **This World Ergonomics**. Internacional Reviews of ergonomics. 1987. vol. 1 p. 77 – 118.
- LAS CASAS, Alexandre Luzzi. **Qualidade Total em Serviços**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- LAVILLE, Antonie. **Ergonomia**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1977. 99 p.
- LEWIS, E. E. **Introduction reliability engineering**. John Wiley & Sons. Inc, 1987.
- LEITÃO, Jacqueline S. de Sá. **Clima organizacional na transferência de treinamento**. Revista da Administração. São Paulo. V. 31. No. 03. Julho/Setembro, 1996.
- MACIAN, Lêda Massari. **Treinamento e desenvolvimento de recursos humanos**. São Paulo: Editora Pedagógica e universitária Ltda - EPU, 1987.

MAHAL, Davider. **The space shuttle Challenger accident. [on line].**
Disponível na Internet

<http://www.jlhs.nhusd.k12.ca.us/Classes/Social_Science/Challenger.html/Challenger.html> (04/07/2000).

MARION, José Carlos. **Contabilidade rural.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 250.p.

MARTINS, Petrônio G., LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção.**
São Paulo: Saraiva, 1998.

MEGIDO, José Luiz Tejon, XAVIER, Coriolano. **Marketing & agribusiness.** São Paulo : Atlas, 1995.

MINICUCCI, Agostinho. **Psicologia aplicada à administração.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 1995.

MIRANDA, Ivete Klein de. **A ergonomia no sistema organizacional ferroviário.**
Revista Brasileira de Saúde ocupacional. V. 8., nº 29, p. 63-70. jan/março, 1980.

MONTMOLLIN, Maurice de. *A ergonomia.* Lisboa : Piaget, 1990.

MORGAN, Gareth, **Imagens da organização.** São Paulo: Atlas, 1996.

MÖLLER, Claus. **O lado Humano da Qualidade.** 11. ed. São Paulo: Pioneira, 1997. 185 p.

NAGAMACHI, M.; IMADA, A.S. **Macroergonomic approach for improving safety and work design proceding of the Human factrors society.** 36 th Annual Meeteing. 1992. p.860

NORMAN, D. **La psicologia de los objetos cotidianos.** Nerea, Madrid, 1988.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade**. São Paulo : Atlas, 2000.

PEDRASSANI, Edson Luis. **Método para registro, análise e controle de falhas humanas na manutenção de centrais elétricas**. Florianópolis, 2000. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2000.

PRAXEDES, Walter; PILETTI, Nelson. **O mercosul e a sociedade global**. São Paulo : Atica, 1999.

RABELO, Flávio Marcílio. BRESCIANI FILHO, Ettore. OLIVEIRA, Carlos Alonso B. **Treinamento e gestão da Qualidade**. Revista da Administração de Empresas. São Paulo. V. 35 . No. 3. Maio/Junho. 1995.

REASON, James. **Human error**. Cambridge(UK): Cambridge University Press, 1990. 302 p.

RASMUSSEN, Jens. **Information processing and human machine interaction**. New York: North Holland, 1986. 215 p.

RENNER, Jacinta. **Ergonomia, uma ciência que se preocupa com o bem estar**. Revista Tecnicouro : Novo Hamburgo, julho/2001. vol. 22, nº 06.

SANDERS, J. W. ; MORAY, N. P. **Human error, cause, prediction and reduction**. Lawrence Erlbaum Associates, publishers, 1991.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; et al.

Administração da produção. São Paulo : Atlas, 1997.

SILVA, Terezinha de S. Q. R. **Razões que justificam investir em treinamento.**

RHevisão. No. 06. Ano II. Janeiro/Fevereiro, 1999.

SKINNER, B. F. **Sobre o Behaviorismo.** São Paulo: Cultrix, 1974.

SOUZA, Renato José de. **Ergonomia no projeto do trabalho em organizações:**

o enfoque macroergonômico. Dissertação de mestrado em Ergonomia.

Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis, 1994.

STAIR, Ralph M. **Princípios de Sistemas de Informações.** 2. ed. Rio de Janeiro,

LTC, 1996.

SWAIN, A. D. ; GUTTMAN, H. E. **Handboock of human reability analysis with**

emphasis on nuclear power plant applications. US NRC Report

NUREG/CR – 1278. October 1980.

Tendências em treinamento e desenvolvimento: visão global e a realidade

brasileira. Editorial. RH em síntese. Ed. 11. Julho/Agosto, 1996.

Treinamento é vital para a performance competitiva. Editorial. RH em Síntese.

Ed. 20. Janeiro/ Fevereiro, 1998.

TOLEDO, Flávio e MILIONI, B. **Dicionário de Recursos Humanos.** 3ª edição.

São Paulo: Atlas, 1986.

VASCONCELOS, Jorge Eduardo de. **A importância da área de treinamento dentro das empresa.** Rhevisão, No. 07, Ano II, Março/Abril,1999.

_____. **Treinar: um processo educacional.** RHevisão No. 06, Ano II. Janeiro/Feveireiro, 1999.

VIDAL,Fernando. **Paiget before Piaget.** New York: Harvard University, 1994. 204

VIEIRA, Adriane. **A qualidade de vida no trabalho e o controle da qualidade total.** Florianópolis: Insular, 1996.

WALTON, Mary. **O método Deming de administração.** Rio de Janeiro : Marques Saraiva, 1989.

WEISS, Donald. **Treinando e orientando no local de trabalho.** São Paulo: Nobel, 1996.

WISNER, Alain. **Por dentro do trabalho; ergonomia: método e técnica.** São Paulo: FTD/Aboré, 1987. 189 p.

_____,_____. **A inteligência no trabalho.** São Paulo: Fundacentro, 1994.

WILKINSON, John, **O estado , a agroindústria e a pequena produção.** Salvador: Hucitec-CEPA, 1986.

WWW.aben.com.br **ABEN – Associação Brasileira de Energia Nuclear.**

ANEXO 1 - O ACIDENTE DE CHERNOBYL

À 1h24min do dia 26 de abril de 1986, um sábado de manhã, ocorreu o pior acidente na história da geração industrial de energia nuclear. Duas explosões, uma logo após a outra, lançaram ao ar as 1 000 toneladas de concreto da tampa de selagem do reator nuclear número 4 de Chernobyl. Fragmentos fundidos do núcleo 'choveram' na região vizinha e produtos da fissão foram liberados na atmosfera. O acidente provavelmente custou centenas de vidas e contaminou vastas áreas de terra na Ucrânia.

Diversas razões provavelmente contribuíram para o desastre. Certamente, o projeto do reator não era novo - cerca de 30 anos de idade na época do acidente - e havia sido concebido antes da época dos sofisticados sistemas de segurança controlados por computador. Por esta razão, os procedimentos para lidar com emergências do reator dependiam fortemente da habilidade dos operadores. Este tipo de reator também tinha uma tendência para 'sair de controle' quando operado a baixa capacidade. Por esta razão os procedimentos operacionais para o reator proibiam estritamente que fosse operado abaixo de 20% de sua capacidade máxima. Foi principalmente uma combinação de circunstâncias e erros humanos que causaram o acidente.

Ironicamente, os eventos que levaram ao desastre foram projetados para tornar o reator mais seguro. Os testes, planejados por uma equipe especialista de engenheiros, foram realizados para avaliar se o sistema de emergência para refrigeração do núcleo podia ser operado durante o giro inercial de uma possível redução de produção do turbo gerador 4 no caso de ocorrer uma interrupção de energia externa. Embora este dispositivo de segurança tivesse sido testado antes, não havia funcionado satisfatoriamente e novos testes do dispositivo modificado foram realizados com o reator operando com capacidade reduzida durante o período de teste. Os testes foram programados para a tarde de sexta-feira, 25 de

abril de 1986, e a redução da produção da planta começou às 13h00. Logo após às 14h00, entretanto, quando o reator estava operando com cerca de metade de sua capacidade total, o controlador de Kiev solicitou que o reator continuasse fornecendo eletricidade para a rede local.

Na realidade, continuaram ligados à rede até às 23h10. O reator devia ser parado para sua manutenção anual na terça-feira seguinte e a solicitação do controlador de Kiev na realidade reduziu a 'janela de oportunidade' disponível para os testes. A seguir, há um relatório cronológico das últimas horas antes do desastre, junto com uma análise de James Reason, que foi publicada no *Bulletin of the British Psychological Society* no ano seguinte. Ações significativas dos operadores estão em itálico. São de dois tipos: *erros* (indicados por um "E") e *violações de procedimentos* (marcadas por um "V").

25 abril de 1986

13h00 A redução de capacidade começou com a intenção de conseguir 25% de capacidade para as condições de teste.

14h00 O sistema de emergência para resfriamento do núcleo (ECCS – *emergency care cooling system*) foi desconectado do circuito principal. (Isto era parte do plano de teste.)

14h05 O controlador de Kiev solicitou que a unidade continuasse a suprir a rede. O *ECCS não foi reconectado* (V). (Não se considera que esta violação específica tenha contribuído materialmente para o desastre; mas é indicativa de uma atitude de descuido por parte dos operadores com relação à observância dos procedimentos de segurança.)

23h10 A unidade foi desligada da rede e a redução de capacidade foi continuada para conseguir o nível de capacidade de 25%, planejado para o programa de teste.

26 de abril de 1986

00h28 *Um operador ultrapassou para baixo o ponto de ajuste para a produção pretendida (E).* A produção caiu para um perigoso 1%. (O operador havia desligado o 'piloto automático' e havia tentado conseguir o nível desejado através de controle manual.)

1h00 Após um longo e intenso esforço, a produção do reator finalmente foi estabilizado em 7% - bem abaixo do nível pretendido e bem na zona de perigo de baixa capacidade. *Neste momento, o experimento deveria ter sido abandonado, mas não o foi (E).* Este foi o mais sério erro (como o oposto de violação): significou que todas as atividades subseqüentes seriam conduzidas à zona de máxima instabilidade do reator. Isto aparentemente não foi percebido pelos operadores.

1h03 *Todas as oito bombas foram acionadas (V).* Os regulamentos de segurança limitavam a seis o número máximo de bombas simultaneamente em uso. Isto mostrava uma profunda má compreensão da física do reator. A consequência foi que o aumento do fluxo de água (e redução da fração de vapor) absorveu mais nêutrons, exigindo que mais elementos de controle fossem retirados para sustentar este nível baixo de produção.

1h19 *O fluxo de água de alimentação foi aumentado três vezes (V).* Parece que os operadores estavam tentando lidar com uma pressão do vapor e nível de água decrescentes. O resultado de suas ações, entretanto, foi reduzir ainda mais a quantidade de vapor passando através do núcleo, exigindo que ainda mais elementos de controle precisassem ser retirados. Também suprimiram a *parada automática do coletor de vapor (V)*. O efeito disto foi desprover o reator de um de seus sistemas automáticos de segurança.

1h22 O supervisor de turno solicitou relatório impresso para estabelecer quantos elementos de controle estavam realmente no núcleo. O relatório indicou somente e seis a oito elementos remanescentes. Era estritamente proibido operar o reator com menos do que 12 elementos. *Apesar disso, o supervisor de turno decidiu continuar com os testes (V).* Esta foi uma decisão fatal: por isso o reator ficou sem 'freios'.

1h23 *As válvulas da linha de vapor para o turbogerador número 8 estavam fechadas (V).* O objetivo disto era estabelecer as condições necessárias para testes repetidos, mas sua consequência foi desconectar os desengates automáticos de segurança. Esta talvez tenha sido a mais séria violação de todas.

1h24 Foi feita uma tentativa para desligar repentinamente o reator, atuando nos elementos de parada de emergência, mas estes emperraram nos tubos já deformados.

1h24 Duas explosões ocorreram uma logo após a outra. O teto do reator foi lançado para o ar, provocando 30 incêndios na vizinhança.

1h30 Os bombeiros em serviço foram chamados. Outras unidades foram chamadas de Pripjat e Chernobyl.

5h00 Os incêndios externos foram extintos, mas o incêndio do grafite do núcleo continuou por diversos dias, A investigação posterior do desastre esclareceu diversos pontos significativos que contribuíram para sua ocorrência.

- O programa de testes foi mal planejado e a seção de medidas de segurança era inadequada. Pelo fato de o sistema de emergência para resfriamento do reator (ECCS) ter sido fechado durante o período de testes, a segurança do reator estava na realidade substancialmente reduzida.
- O planejamento dos testes foi colocado em prática antes de ser aprovado pelo grupo de projeto, que era responsável pelo reator.
- Os operadores e os técnicos que estavam conduzindo o experimento tinham habilidades diferentes e não sobrepostas.
- Os operadores, embora altamente habilitados, provavelmente tinham ouvido que completar o teste antes da parada melhoraria sua reputação. Estavam orgulhosos de sua habilidade para lidar com o reator mesmo em condições incomuns e estavam conscientes da rápida redução da janela de oportunidades dentro da qual deveriam completar o teste. Provavelmente, tinham "perdido qualquer sensibilidade para os perigos envolvidos" na produção do reator.

- Os técnicos que haviam planejado o teste eram engenheiros elétricos de Moscou.

Seu objetivo era resolver um problema técnico complexo. Apesar de haverem planejado os procedimentos de teste, provavelmente não sabiam muito sobre a produção da usina nuclear em si. Novamente, nas palavras de James Reason:

“Juntos, fizeram uma mistura perigosa: um grupo de engenheiros de uma modalidade, mas não engenheiros nucleares dirigindo uma equipe de operadores dedicados, porém demasiado confiantes. Cada grupo provavelmente assumiu que o outro sabia o que estava fazendo. E as duas partes tinham pouca ou nenhuma compreensão dos perigos que estavam gerando ou do sistema do qual estavam abusando.”

Baseado na informação de READ, P. P. Ablaze: the Chernobyl errors. *Bulletin of the British Psychological Society*, v. 4, p. 201-206, 1987.

Fonte:

Slack, Chambers, Harland et al.(1996)

ANEXO 2 - O ACIDENTE DE THREE MILES ISLAND

A 28 de Março de 1979, às quatro horas da manhã, dava-se uma avaria habitual na central nuclear de Three Mile Island 2, na Pensilvânia. Dessa vez, o incidente transformou-se em acidente grave. O núcleo do reator ficou a descoberto durante duas horas e meia. Este fato foi a causa de prejuízos materiais graves e 144.000 pessoas foram evacuadas da região. Que é que se passou? Examinemos primeiro um resumo do desenrolar do acidente.

Começa de modo banal, por desarmar da bomba que faz a alimentação de água ao gerador de vapor (1). Automaticamente, o turbo-alternador pára e as bombas de socorro (2) arrancam. O tempo para que a alimentação de socorro seja posta em funcionamento traduz-se por uma breve interrupção do arrefecimento, uma subida de temperatura e da pressão do fluído primário. Ao fim de três segundos, a válvula de descarga (3) abre-se para baixar a pressão. Não tendo a descarga sido suficiente, a $t=8s$ há uma paragem por pressão muito alta e dá-se a queda das barras de segurança do núcleo. A $t=13s$ a pressão baixou e o automatismo *ordena o fechamento* da válvula de descarga. Temos aqui uma seqüência de operações banal bastando, teoricamente, esgotar a potência residual e preparar um novo arranque.

Mas naquele dia a válvula de descarga não se fechou. O que foi mostrado na sala de controle foi a *ordem de fechamento*. A indicação passa, então, a ser de que a válvula se encontra fechada. Na realidade, ela deixa passar 60 t/h de fluído primário que se acumula num reservatório da área. A pressão do primário vai, portanto, baixar até que, a $t=2m$ o sistema de injeção de segurança arranca e introduz no circuito água a alta pressão. Neste momento, o essencial da atividade dos operadores está voltado para o secundário. Com efeito, o corte das bombas provocou o arranque das bombas de socorro . Mas acontece que no circuito de socorro *houve válvulas de segurança que tinham ficado fechadas* no seguimento

de um ensaio periódico que tinha sido efetuado. Nestas condições, o gerador de vapor extingue-se em três minutos. O fluido primário é levado à ebulição.

Os operadores dão conta do fecho das válvulas de segurança a $t=8\text{mn}$ e dão a ordem de abertura. A situação ficará estável do lado secundário a $t=25\text{ mn}$. Logo que o sistema de injeção de segurança arranca, os operadores obedecem a uma instrução complementar, «não deixar perder a almofada de vapor no pressurizador». Ignorando que a válvula de descarga se encontra aberta cortam a injeção de segurança a $t=4\text{mn } 38\text{s}$ para não encher por completo o primário com água no estado líquido. A partir deste momento a água primária perdida através da abertura deixa de ser compensada. O núcleo é descoberto pouco a pouco e a temperatura sobe. Só às $t= 2\text{h } 22\text{m}$ é que a abertura será notada e nessa altura será fechada uma válvula de segurança no circuito de descarga. Um diagnóstico preciso só será elaborado ao fim de dez horas. Mas nessa altura já grande quantidade de água primária foi perdida e serão necessárias dezasseis horas para voltar a atingir uma situação estável.

O relatório do inquérito concluiu que os operadores cometeram um erro ao cortarem a injeção de segurança a $t= 4\text{min } 38\text{s}$. Com efeito “trata-se de um caso típico de erro retrospectivo, ou seja, que pode ser reconstituído como tal após os fatos”. (Perrow).

Durante as duas primeiras horas do acidente, os operadores não sabiam com efeito que havia uma brecha no circuito primário:

- existe a indicação de que a válvula de descarga se encontra fechada;
- não existe indicador de nível geral do primário;
- o nível do reservatório que recebe o fluido é indicado do outro lado do quadro de comando; não suspeitando de fuga, os operadores não têm motivo para o consultar.

- a temperatura da linha de descarga é mais elevada do que o habitual, mas os operadores sabem que esta indicação não é fiável, porque há já muito tempo, existe uma ligeira fuga;
- o nível indicado no pressurizador passa a ser aceitável a $t=10$ mn. Os operadores convencem-se de que recuperaram o nível, mas nesta altura a indicação já não tem qualquer significado, dado que o pressurizador contém uma mistura difásica vapor-água;
- os alarmes estão inoperantes: a impressora regista 100 por minuto (a impressão já não se faz em tempo real) pouco antes de se avariar;
- a indicação da pressão do núcleo está em baixa, enquanto a do pressurizador está em alta. Os operadores, que se tinham habituado a ver as duas pressões a evoluírem paralelamente, concluem que o manómetro do núcleo se encontra defeituoso.
- a sala de controle enche-se progressivamente de engenheiros. Nenhum deles nota que há uma fuga no primário;
- recordemos que eram quatro horas da manhã, ou seja, uma altura em que o organismo se encontra em estado de desativação. Vemos, portanto, que as diferentes indicações produzidas pelo sistema de controle não põem em causa o diagnóstico inicial. São interpretadas à luz deste mesmo diagnóstico e atuações que aparentemente poderiam ser eficazes agravam, de fato, a situação e produzem o acidente.

Fonte: Montmollin (1990,p.106-108)

ANEXO 3 - O ACIDENTE DO CHALLENGER

Introdução

O céu estava claro e o sol brilhava na manhã fria de 28 de janeiro de 1986. O Centro Espacial Kennedy na Flórida estava ocupado preparando o lançamento do 25.º ônibus espacial, a missão 51-L, o 10.º vôo orbital do Challenger. Este foi um dos mais divulgados lançamentos porque era a primeira vez que uma civil, uma professora escolar, estava indo ao espaço. O lançamento do Challenger tinha sido adiada cinco vezes devido ao mau tempo e 28 de janeiro era o dia mais frio em que a NASA em que já ocorrera um lançamento de ônibus espacial. A hora tinha chegado, às 11:38 AM, hora oriental padrão e o Challenger deixou o Bloco 39B no Centro Kennedy. Setenta três segundos em vôo e o Challenger explodiu, matando todos os sete membros de sua tripulação.

Challenger explodiu 73 segundos depois de lançamento, mas o que de fato aconteceu? O que causou a mecanicamente explosão? A temperatura ao nível de chão no Bloco 39B era 36 graus F, o que era 15 graus mais frio de que qualquer outro lançamento anterior feito pela NASA. Os propulsores de foguetes sólidos (SRB-*Solid Rocket Boosters*) foram acesos, e o barulho trovejante começou. A 0.68 segundos depois da ignição, o videoteipe mostrou fumaça preta vindo da junta de campo direita do SRB na popa (fundo). A junta de campo na popa é a mais baixa porção do SRB. A fumaça preta sugeriu que graxa, junta de isolamento e anéis "O" de borracha estivessem sendo queimados. A fumaça continuou vindo da junta de campo da popa em frente ao tanque externo, em ciclos de 3 golfadas de fumaça por segundo. A último golfada de fumaça foi vista a 2.7 segundos. A fumaça preta era uma indicação que a junta de campo da popa não estava selando adequadamente.

Em vôo, foram vistos lampejos no Challenger. Três lampejos luminosos brilharam pelas asas do Challenger, 45 segundos depois de sair do elevador. Cada um dos três lampejos durou só 1/13 de um segundo. Estes lampejos tinham

sido vistos em outras missões de ônibus espaciais e não tinham sido considerados problemas. Estes lampejos luminosos não tinham conexão com a chama que foi vista depois em vôo. A 58.8 segundos em vôo, em filme aumentado, uma chama foi vista próximo do SRB direito. A chama estava vindo do centro à popa e junta da popa, a 305 graus ao redor da circunferência do SRB. A chama era gás ardente que estava escapando do SRB. Uma fração de um segundo depois, a 59.3 segundos, a chama estava bem definida, e podia ser vista sem filme ampliado. Como a chama aumentou em tamanho, tinha começado a pressionar contra o tanque externo pelo ar circulando ao redor do Challenger. O SRB é preso ao tanque externo por uma série de braços ao seu lado. Um destes braços fica situado a 310 graus da circunferência do SRB. Como cresceu a chama que empurrou contra este braço, com um intenso calor de 5600 graus F, tornando-o quente e fraco.

A primeira visão de que a chama estava batendo o tanque externo foi a 4.7 segundos, quando a cor da chama mudou. A mudança de cor indicou que aquela a chama estava sendo produzida por mistura com outra substância. Esta outra substância era hidrogênio líquido que é armazenado no tanque externo. O tanque externo armazena hidrogênio e oxigênio em dois tanques. O tanque de topo que contém oxigênio e o de fundo hidrogênio. Mudanças de pressões do tanque de hidrogênio confirmaram que havia um vazamento. Quarenta e cinco milissegundos depois da mudança de cor, uma pequena luz ardente desenvolveu-se entre o tanque externo e os placas pretas do Challenger. A 72 segundos após o lançamento, houve uma súbita cadeia de eventos que destruíram o Challenger e os sete membros da tripulação a bordo.

Todos estes eventos aconteceram em menos de dois segundos. Até agora o mais baixo braço, conectando o SRB direito ao tanque externo estava extremamente quente e muito fraco. Com a quantia de força dada pelo SRB, o mais baixo braço quebrou longe do SRB direito e o tanque externo. Permitindo o

SRB direito girar livremente ao redor dos braços de topo. O SRB ficou descontrolado, o fundo do SRB balançou ao redor batendo, queimando e quebrando a asa do Challenger. A 73.12 segundos em vôo um vapor branco foi visto do canto de fundo do SRB direito. O tanque externo ficou fraco devido ao intenso calor gerado pela chama. A estrutura de cúpula debaixo do tanque externo falhou e caiu. O tanque de hidrogênio dentro do tanque externo rompeu e libertou o conteúdo de hidrogênio líquido. Com a ausência súbita de hidrogênio, havia uma força extrema que atirou o tanque de hidrogênio adiante no tanque de oxigênio que também estourou. Como colidiram os dois intertanques, o topo do SRB direito bateu contra o topo do tanque externo no lado de fora, e também quebrou o tanque de oxigênio. O vapor branco visto era a mistura de hidrogênio e oxigênio. A 73.14 segundos, falharam todas as estruturas. Só milissegundos depois que o vapor branco foi visto do SRB direito, o brilho virou um globo de fogo e uma explosão enorme. A explosão principal era o hidrogênio e oxigênio que vieram do tanque externo. O Challenger estava viajando a uma velocidade de Mach 1.92, a uma altura de 46 000 pés, quando explodiu. A última transmissão registrada de Challenger foi a 73.62 segundos após o lançamento, quando verdadeiramente caiu.

Pouco antes de o Challenger explodir, foi engolfado em uma nuvem de fumaça que tornou-se maior depois da explosão. Abaixo da fumaça cinza da explosão, estava se espalhando uma fumaça vermelha. Esta fumaça vermelha era o sistema de controle de reação queimando dos destroços do Challenger. Escombros do Challenger foram vistos caindo em direção ao oceano. Ambos os SRBs voaram em direções opostas fora da bola de fogo e fumaça. Os explosivos no SRB foram detonados pelo comando de segurança da Força Aérea dos Estados Unidos, 110.25 segundos depois de lançamento. (36.6 segundos depois da explosão.)

O SRB tem pára-quadras no cone de topo, assim eles podem chegar lentamente ao chão em um lançamento normal. Os pára-quadras do SRB tinham se soltado e foram flutuando até a terra. O público que assistia o lançamento pensou que a tripulação tinha escapado do ônibus espacial usando seu sistema de fuga. O que o público não sabia é que não havia nenhum sistema de fuga em quaisquer dos ônibus espaciais.

O que deu errado? O que Falhou?

A junta de campo direita da popa era a principal suspeita de causar o acidente, devido à fumaça depois de ignição e chamas durante o voo, que vieram da região da junta de campo da popa. O propulsor de foguete sólido é composto de quatro segmentos principais. Eles são unidos por uma junta trava e fechadura. Cada segmento tem uma trava no fundo e uma fechadura no topo. A fechadura tem uma forma de um "U", enquanto a trava tem uma forma de uma linha reta. A trava ajustaria deslizando abaixo dos lados do "U" da fechadura. O segmento mediano da popa conecta ao segmento da popa com a extremidade.

A junta que mantém unidos estes dois segmentos é chamada a junta de campo da popa. Esta é a junta que falhou no SRB à direita. A junta é lacrada através de dois anéis "O" de borracha, com um diâmetro de 0.280 polegadas (+ 0.005, -0.003). O selo é usado para manter os gases dentro do SRB, evitando que escapem. O selo tinha falhado, porque a chama vista durante o voo era de gás queimando.

Houve algumas causas que poderiam provocar a falha da junta de selo. Estas causas eram:

☐ Dano de montagem/contaminação: A junta de selo poderia ter sido estragada ou poderia ter contaminado durante montagem do SRB.

- ☐ Abertura de gap: A abertura entre as juntas abre à medida em que a pressão é aplicada.
- ☐ Compressão do Anel “O”: Isto depende da largura da abertura.
- ☐ Temperatura da junta: A temperatura tem efeitos na capacidade selagem marcando do anel “O”.
- ☐ Desempenho de Putty: Putty (cromato de Zinco) é aplicado antes da montagem dentro da junta para parar os gases indo aos anéis “O”.

A montagem do SRB poderia ter danificado a junta de selo. Os segmentos do SRB foram transportados horizontalmente à instalação de montagem. Cada segmento era pesado, e então seu peso mudava a forma do segmento de maneira que ele não era perfeitamente redondo. A forma irregular dos segmentos pode ter distorcida e pode ter sido acentuada em missões anteriores, ou sob os efeitos do manuseio. Na montagem o segmento da popa é baixado verticalmente, com a trava que desliza na fechadura da junta anterior. Por causa das distorções, podem ter mudado as dimensões dos segmentos. A missão 51-L era um das missões onde as dimensões tinham mudado. Até mesmo durante o processo de montagem do SRB as dimensões de segmentos continuam mudando, com o peso que é aplicado a cada segmento.

Como dito, a forma e dimensões mudam, assim na instalação de montagem, para fazer os segmentos se ajustarem mais facilmente e a forma da trava é mudada com uma ferramenta especial. Uma verificação importante durante a montagem é se os diâmetros de ambos os segmentos são iguais. Se a diferença de diâmetros for muito grande, então os lados da trava e fechadura são planos contra um ao outro. Quando a diferença em diâmetros for pequena, então a trava é inclinada contra a fechadura mas a inclinação ainda permite que a montagem do SRB continue. Outra coisa a procurar durante a montagem é se os centros dos segmentos se alinham. Uma diferença de +0.25 polegadas é permitida para segmentos desalinhados. Se a diferença é mais que +0.25, há uma chance de

contaminação na junta de SRB. Quando a trava e fechadura ajustaram e os centros estão fora da tolerância, então há contato metal a metal. Lascas de metal podem escamar fora e podem pousar no anel "O". Os segmentos de metal também podem raspar contra os anéis "O" e podem danificá-los.

Houve testes que mostraram que contaminantes com um tamanho de 0.001 0.003 polegadas na junta passaram em um teste de vazamento de fato. Assim, sempre há uma possibilidade que contaminação tenha acontecido de fato no SRB da missão 51-L. No lado de dentro da trava e fechadura há uma abertura que precisa ser selada. São os anéis "O" que selam esta abertura. O tamanho da abertura muda à medida em que a pressão de gases dentro do SRB muda. A abertura se torna maior quando a pressão aumenta. Mudança do tamanho da abertura é chamada de Abertura de Delta. Há dois anéis "O", os anéis "O" primários e secundários. A abertura a cada anel "O" na junta de campo da popa é diferente, a abertura do anel "O" primário é aproximadamente 0.029 polegadas, e do secundário é aproximadamente 0.017 polegadas. Durante lançamento o anel "O" deveria mover para selar a Abertura de Delta, e voltar a seu estado original. A pressão de gás também formada por combustão dentro do SRB ajuda a selar o anel "O". Este processo de selagem é chamado Atuação de Pressão de Selo de anel "O". À medida em que o gás vai para o anel "O", o gás encontra um lado do anel "O" e o empurra de todos os lados possíveis da abertura, ajudando a selar a junta. A pressão é necessária nas fases iniciais de ignição do SRB. Para funcionar perfeitamente, a pressão de gás deveria estar atrás do anel "O" enquanto este estiver em seu encaixe. A pressão pode passar um lado completo. Quando a abertura for muito grande para o anel "O", então o gás irá além, soprando através do anel "O" e isto não selaria a junta. Gás pode soprar pelo anel "O" quando o encaixe em que o anel "O" se apoia for muito estreito. Neste caso que o anel "O" é espremido no encaixe apoiando-se contra os lados do encaixe. O gás não poderia ajudar a selar a junta. Quando sopra por ocorrência de vazamento de gás, e os anéis "O" são danificados ou até mesmo são destruídos.

A temperatura também estava envolvida na falha da junta de selo. Na manhã fria do lançamento, as juntas mais frias eram as juntas de campo da popa do SRB direito. A temperatura aproximada da junta de campo da popa do SRB direito era 28 graus F (mais ou menos 5 graus F). A temperatura do lado oposto, SRB esquerdo, era aproximadamente 50 graus F. Há dois efeitos de anéis "O" a uma baixa temperatura.

Um efeito de baixa temperatura em anéis "O" é que eles não selam corretamente. Quando os anéis "O" estiverem frios, eles são muito duros e eles não movem tão depressa quanto devem. Foram feitos testes para ver a rapidez de selagem de anéis "O" a diferentes temperaturas. A 75 graus F os anéis "O" selam em torno de 530 milissegundos. No lado oposto da balança um anel "O" a 20 graus F leva 1.9 segundos para selar. É esta diferença de tempo que poderia ter acabado com a Missão 51-L. De dez missões anteriores do ônibus espacial, oito tiveram dano de anel "O" no SRB. As duas missões que não tiveram nenhum dano aos anéis "O", era de lançamentos em dias mais quentes. As juntas do SRBs tiveram uma temperatura de 81 graus F e 79 graus F. Esta descoberta poderia ser mostrado que temperatura é um fator crítico aos efeitos de dano de anel "O".

O segundo efeito de temperatura baixa é formação de gelo. Gelo pode se formar nas juntas, e danificar os anéis "O" que conduzirão a falha da junta de selo. Gelo nos encaixes para os anéis "O" os desmontaria e não os deixaria selarem a junta. Ao redor da plataforma 39B havia bastante evidência de formação de gelo. A torre inteira estava coberta com partículas de gelo. O Challenger, o SRBs e tanque externo tinham estado no Bloco um total de 38 dias. Neste período houve 7 polegadas de chuva. Havia uma chance grande que água tenha entrado nas juntas do SRBs e tenha danificado alguns dos anéis "O". Desempenho de Putty é outra possível causa da falha da junta de selo. Putty (cromato de Zinco) é colocado no lado de dentro das juntas antes da montagem. Sua função é evitar que o calor do gás de combustão atinja os anéis "O". Putty também está forçado entre a abertura da trava e fechadura, para assegurar que o selo está justo. O

cromato de Zinco pode afetar a junta de muitas formas; putty pode afetar a pressão que é enviada ao anel "O" para sua atuação. Os gases quentes podem causar buracos no putty, deixando então gás ir para os anéis "O" que poderiam ser danificados. O gás indo para o anel "O" poderia diminuir o tempo que este leva para atuação. Segundo, o putty move através de pressão de gás e poderia ir todo para os anéis "O". O putty poderia ser soprados nos encaixes dos anéis "O" e poderia ter impedidos os anéis "O" de selar a junta corretamente.

Para a maioria das causas do falha da junta de selo, foi assumido que os segmentos ficam perfeitamente redondos durante lançamento. Quando um ônibus espacial é lançado, os SRBs são submetidos de fato a muito força. Para o lançamento final do Challenger, os SRBs foram fixados ao bloco durante 6.6 segundos depois de ignição. As grandes forças dobram e puxam os SRBs adiante. Os segmentos circulares são mudados a uma forma elíptica. O lado do que é muito plano e o elíptico estão na distância mais curta entre 045 grau a 315 graus do SRB direito.

Dobras e estiramentos acontecem em ciclos de três por segundo. No lançamento quando os SRBs foram acesos, havia golfadas de fumaça vindo do mesmo local, também a três golfadas por segundo. Há outras mudanças com as forças aplicadas aos SRBs. A trava e juntas de fechadura mudam de forma e então a abertura fica maior, assim os anéis "O" têm uma abertura maior para selar. Se o anel "O" não segue a abertura então as falhas de selagem ocorrem. Da informação anterior, a causa para a explosão foi a falha da junta de selagem da popa do SRB direito, provavelmente devido à temperatura extremamente baixa na manhã do dia 28 de janeiro de 1986. Dos dois SRBs que eram usados, o que estava no frio extremo foi o que falhou. Anéis "O" quando resfriados não se movem tão depressa quanto quando estão quentes. Então, se os anéis "O" estivessem quase congelados durante ignição, os gases teriam queimado os anéis e produzido a fumaça preta. O Challenger deixou a plataforma de lançamento e foi a espaço.

Durante vôo os anéis “O” continuaram não selando a junta, e os gases escoaram pela junta de campo da popa. A chama cresceu e posteriormente explodiu o Challenger.

Conclusão

Era dia 28 de janeiro de 1986 quando sete astronautas dos EUA morreram quando o seu ônibus espacial explodiu 73 segundos depois do lançamento. Era o dia mais frio da história de lançamentos dos ônibus espaciais. A causa do acidente foi o tempo frio e a falha da junta de selo da popa no SRB direito. Este acidente trágico será sempre lembrado no programa espacial.

Página escrita por Davider S. Mahal

Fonte:

Mahal (Internet, 2000)