

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

JOÃO ALEXANDRE PINHEIRO SILVA

**CONFIABILIDADE HUMANA: UMA ABORDAGEM BASEADA NA
ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO NA OPERAÇÃO DE UM
PAINEL DE EQUIPAMENTO.**

**SÃO CARLOS
2011**

**CONFIABILIDADE HUMANA: UMA ABORDAGEM BASEADA NA
ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO NA OPERAÇÃO DE UM
PAINEL DE EQUIPAMENTO.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

JOÃO ALEXANDRE PINHEIRO SILVA

**CONFIABILIDADE HUMANA: UMA ABORDAGEM BASEADA NA ANÁLISE
ERGONÔMICA DO TRABALHO NA OPERAÇÃO DE UM PAINEL DE
EQUIPAMENTO.**

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção.
Orientador: Prof. Dr. João Alberto
Camarotto.**

**SÃO CARLOS
2011**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S586ch

Silva, João Alexandre Pinheiro.

Confiabilidade humana : uma abordagem baseada na análise ergonômica do trabalho na operação de um painel de equipamento / João Alexandre Pinheiro Silva. -- São Carlos : UFSCar, 2011.
145 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Ergonomia. 2. Resiliência. 3. Indústria petroquímica. 4. Bibliometria. I. Título.

CDD: 658.542 (20ª)

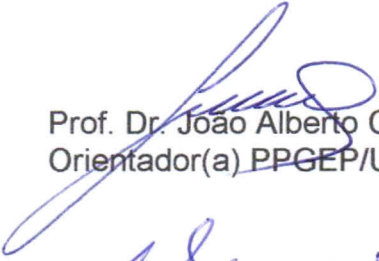


PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Rod. Washington Luís, Km. 235 - CEP. 13565-905 - São Carlos - SP - Brasil
Fone/Fax: (016) 3351-8236 / 3351-8237 / 3351-8238 (ramal: 232)
Email : ppgep@dep.ufscar.br


FOLHA DE APROVAÇÃO


Aluno(a): João Alexandre Pinheiro Silva

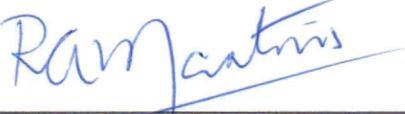
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 24/02/2011 PELA
COMISSÃO JULGADORA:


Prof. Dr. João Alberto Camarotto
Orientador(a) PPGE/UFSCar


Prof. Dr. Nilton Luiz Menegon
PPGE/UFSCar


Prof. Dr. Isaías Torres
Sorocaba/UFSCar


Profª Drª Uiara Bandineli Montedo
USP/POLI


Prof. Dr. Roberto Antonio Martins
Coordenador do PPGE

À minha família, aos amigos
e toda a peãozada.

Se as pessoas não fizessem ocasionalmente
coisas tolas, nada inteligente jamais seria feito.
Wittgenstein.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é sempre de bom tom, mas sempre é um bom risco. O que se recebe e o agradecimento sobre o que foi recebido não tem limites bem definidos em seu momento de acontecer, trata-se de um processo constante de coleguismo amizade ou amor. O risco é a memória falha e a insuficiência do agradecimento frente a grandeza do ato de doar, colaborar, e compartilhar.

Neste momento lembro dos professores João Alberto Camarotto, Nilton Luis Menegon e Daniel Braatz. Todos, de alguma forma, envolvidos no desenvolvimento do presente trabalho e tantos outros, sempre com afinco, desprendimento e dedicação. Obrigado.

Agradeço a todos dos grupos Ergo&Ação e SIMUCAD, e da secretaria do PPGEF da UFSCar.

Para a minha professora Marly não existem palavras suficientes...

RESUMO

A reestruturação dos processos produtivos ao longo de toda a cadeia petroquímica trouxe impactos sobre a divisão do trabalho resultando em uma série de novas demandas por conhecimentos e habilidades, que se agregaram as antigas já construídas pelos trabalhadores, para a manutenção da estabilidade e confiabilidade do sistema produtivo sob sua responsabilidade.

O objetivo desta dissertação é construir um quadro teórico sobre confiabilidade humana e ergonomia, bem como a observação e análise de um sistema produtivo de uma refinaria de petróleo. Pretende-se identificar os conflitos e lacunas existentes entre as estratégias e ações elaboradas pelos operadores como agentes na manutenção da confiabilidade do sistema em sua rotina de trabalho, e o tipo de opção gerencial de confiabilidade humana implantado pela empresa.

Para atingir os objetivos estabelecidos para este trabalho, a abordagem de pesquisa adotada tem características de pesquisa bibliográfica com técnica de bibliometria e análise de conteúdo, mesclando na pesquisa de campo as metodologias de pesquisa-ação e Análise Ergonômica do Trabalho (AET).

A revisão de literatura identificou 304 artigos sobre confiabilidade humana na base científica *ISI Web of Knowledge*, dos quais apenas 50 artigos são classificados na área de ergonomia (16%). Boa parte dessa literatura tem o foco central em cenários nominais, e, portanto, na perspectiva da ergonomia, foca na tarefa, no trabalho prescrito. Menor espaço nas bases científicas é ocupado por trabalhos, cuja preocupação com a confiabilidade humana é centrada no trabalho real.

A Empresa estudada apresenta uma visão mecanicista clássica e foca a atuação na área de confiabilidade na identificação dos erros e construção de barreiras através de procedimentos, *checklists* e outras alternativas de prescrição. Evidenciou-se o papel fundamental do trabalhador como um agente de manutenção e de construção de elementos de confiabilidade do sistema. São muitas as estratégias adotadas pelos operadores para mitigar na prática as lacunas entre o trabalho prescrito e o real.

Palavras-Chave: Confiabilidade Humana. Ergonomia. Análise Ergonômica do Trabalho, Indústria do Petróleo.

ABSTRACT

The restructuring of production processes throughout the entire petrochemical chain brought impacts on the labor division, resulting in a series of new demands for knowledge and skills, which are added to old ones, in order to maintain the stability and reliability of the production system, under their responsibility.

The objective of this thesis is to build a theoretical framework on human reliability and ergonomics as well as the observation and analysis of an oil refinery production system. It aims to identify conflicts and gaps between the strategies and actions developed by the operators as system reliability maintenance agents in their work daily routine, and the organizational managerial approach for human reliability in the company.

In order to achieve these goals, the research approach adopted has the characteristics of literature review that encompasses bibliometrics and content analysis, mixing action research methodology and Ergonomic Workplace Analysis in field research.

The literature review identified 304 articles about "human reliability in the ISI Web of Knowledge scientific basis, of which only 50 items are classified in the field of ergonomics (16%). The major research stream on human reliability focuses on nominal scenarios, and therefore, in the ergonomics point of view, focuses on the task, i.e., the prescribed work. Another research stream focus on the real work analysis.

The Company studied has classical and a mechanistic point of view focuses on the errors identification and construction barriers through procedures, checklists and other prescription alternatives to improve performance in reliability area.

It was evident the fundamental role of the worker as an agent of maintenance and construction of system reliability. There are several strategies adopted by operators to mitigate in practice the gap between prescribed and real work.

Keywords: Human Reliability. Ergonomics. Ergonomic Workplace Analysis. Oil Industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo da Pesquisa-Ação	22
Figura 2 - Revisão de literatura – filtros de seleção e fluxo de análise.....	26
Figura 3 - Estrutura da dissertação.....	28
Figura 4 – Trabalho prescrito x real.....	30
Figura 5 - Sistema de geração de vapor onde atua a turbo bomba.....	55
Figura 6: Caldeiras Geradoras de Vapor.....	62
Figura 7: Turbo bomba na área industrial.....	64
Figura 8: Apresentação esquemática da turbo bomba.....	65
Figura 9: Área da ER/PR e o percurso do operador da área de óleo, turbo bombas, e parque de bombas e clarificação	69
Figura 10: Locais e sistemas onde o operador atua durante sua rotina de turno em destaque.....	70
Figura 11 – Exemplo de orientação resumida fornecida aos operadores sobre a partida e disponibilização das TBs	71
Figura 12 - Campanha de Disciplina Operacional.....	75
Figura 13 - Campanha de Disciplina Operacional.....	75
Figura 14 – Situações demonstrando aspectos da extensão física e algumas condições ambientais na área industrial.....	78
Figura 15 – Situações de comunicação via rádio.....	79
Figura 16 - Casa de controle local, CAFOR.....	80
Figura 17 – Situações de anotação no <i>checklist</i>	82
Figura 18 - Condições da apresentação e da leitura de informação em instrumentos.	Erro! Indicador não definido.
Figura 19: Situações onde o operador se certifica de informações e procura manter a confiabilidade do sistema.	85
Figura 20 – Sinalização por etiqueta de instrumento crítico.....	86
Figura 21 – Sinalização dos painéis elétricos.....	87
Figura 22 - Elementos inseridos pelos operadores para suporte de informação.....	88
Figura 23 - Quadro de informações inserido pelos operadores na casa de controle local.....	89
Figura 24 – Movimentação e posturas do operador agindo sobre os equipamentos e buscando informações.....	90
Figura 25 – Painel da turbo bomba: foto na área industrial e representação esquemática	92
Figura 26 - Corredor das turbo bombas em diferentes situações climáticas.....	94
Figura 27- Iluminação noturna sobre o painel da turbo bomba	96
Figura 28 – Acionamento no painel para tripagem da turbo bomba.....	98
Figura 29 – Acionamento do painel para colocação da bomba em Reserva.	99
Figura 30 – Acionamento do painel para Partida da bomba	100
Figura 31 – Conceito de sequência dos comandos operacionais	102
Figura 32 – Painel com adesivos dos operadores.....	103
Figura 33– Conceitos de sinalização e cores.	105
Figura 34 – Problemas de clareza, evidência e precisão das informações.....	107
Figura 35 – Sistemas e informações construídos pelos operadores	108
Figura 36 – <i>Checklist</i> utilizado pelos operadores.....	109
Figura 37 - Resultado do reprojeto do painel.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Detalhamento do Subprocesso Utilidades.	61
Tabela 2 - Escala de horário do operador de turno	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AET	Análise Ergonômica do Trabalho
ATHEANA	<i>A Technique for Human Event Analysis</i>
CREAM	<i>Cognitive Reliability and Error Analysis Method</i>
EWA	<i>Ergonomic Workplace Analysis</i>
FCCHR	Conversão Catalítica Fluida para Resíduos Pesados
HAZOP	<i>Hazard and operability study</i>
HEI	<i>Human Error Identification</i>
HRA	<i>Human Reliability Assessments</i>
MERMOS	<i>Méthode d'Evaluation de la Réalisation des Missions Opérateur pour la Sûreté</i>
PROTER	Programa para o Desenvolvimento de Tecnologias Estratégicas para o Refino.
PSA	<i>Probabilistic Safety Assessments</i>
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído
SDDLG	<i>System Design and Development Lifecycle</i>
SHERPA	<i>Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach</i>
SRK	<i>Skill, rule and knowledge model</i>
THERP	<i>Technique for Human Error Rates Prediction</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Definição do Contexto da Pesquisa	14
1.2	Objetivo	20
1.3	Metodologia.....	20
1.3.1	Pesquisa-ação	21
1.3.2	Pesquisa Bibliográfica.....	24
1.4	Estrutura da dissertação	27
2	REVISÃO TEÓRICA.	29
2.1	Análise Ergonômica do trabalho – AET.....	29
2.1.1	Principais conceitos	29
2.1.2	Metodologia da AET	32
2.2	Confiabilidade humana.....	36
2.2.1	Perspectiva cronológica do desenvolvimento da área de confiabilidade humana.....	38
2.2.2	Definições de confiabilidade Humana.....	40
2.2.3	Métodos de análise de confiabilidade humana	42
2.2.4	Ergonomia, Confiabilidade Humana e Mudanças no Ambiente de Trabalho.....	44
2.2.5	Evolução e tendências.....	47
3	RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO.....	52
3.1	A Empresa estudada.....	52
3.1.1	A Refinaria e a abordagem de ação	54
3.2	A Análise da demanda	57
3.3	Análise da Tarefa	59
3.3.1	O Processo de Produção	59
3.3.2	Subsistema de Geração de Vapor	61
3.3.3	As Turbo Bombas (TB-59201 A/B)	63
3.3.4	Organização do Trabalho.....	66
3.3.5	Confiabilidade Humana na Empresa.	72
3.4	Análise da atividade do operador.....	76
3.4.1	O Painel da Turbo Bomba.....	91
3.4.1.1	Acionamento do Painel.....	97
3.4.1.2	Análise do Painel.....	101
3.5	Discussão dos Resultados	103
3.5.1	Proposições	110
3.5.2	Intervenções específicas no equipamento TB59201AB.....	111
4	CONCLUSÕES	114
	REFERÊNCIAS.....	118
	APÊNDICE A – Síntese da Pesquisa Bibliográfica sobre Confiabilidade Humana: uma análise bibliométrica.....	133

1 INTRODUÇÃO

A seção introdutória desta dissertação apresenta o contexto do projeto de pesquisa, destacando a relevância e a problemática da pesquisa, bem como seus objetivos, métodos de pesquisa empregados e estruturação da dissertação.

1.1 Definição do Contexto da Pesquisa

A indústria petroquímica caracteriza-se pela alta intensidade de capital, pela utilização de tecnologia avançada, pelo controle indireto da produção, pela necessidade de grandes economias de escala e pela baixa capacidade de gerar empregos, sendo esses, porém, mais qualificados e melhor remunerados do que a média industrial. (INVERNIZZI, 2000).

São classificadas, de maneira geral, como de processo contínuo as seguintes indústrias: petroquímica, química, nuclear, siderúrgica, bebidas, alimentos, cimento, vidro, borracha e outras. Ainda assim, sabe-se que em algumas delas, o processo produtivo não é de todo contínuo, havendo fases em que a produção é discreta ou descontínua (DRUCK, 1995).

Ferro *et al.* (1987) visualizam na indústria de processo contínuo o estágio mais avançado, a vanguarda da automação industrial, servindo, assim, de referência a outros ramos industriais, outro aspecto a destacar é que “relação homem-produto praticamente desaparece e passam a prevalecer as relações homem-máquina e máquina-produto” (CRIVELLARI; TEIXEIRA, 1990, p. 124).

Araújo (2001) analisa a singularidade e a peculiaridade da indústria de processo contínuo através do exame das características de seu processo produtivo. Principalmente na indústria do petróleo.

A indústria petroquímica, pressionada pela transformação do mercado e pelas privatizações a partir dos anos oitenta até a metade dos anos noventa, sofreu uma profunda reestruturação dos seus processos produtivos, resultando em impactos

diferenciados no conteúdo do trabalho devido à diferente idade tecnológica e complexidades em cada unidade de produção.

Essa reestruturação produtiva levou a impactos na divisão de trabalho e sobre as demandas exigidas à força de trabalho em termos de: conhecimentos, habilidades e comportamentos.

Algumas pesquisas buscam demonstrar que a redefinição da divisão de trabalho na indústria petroquímica trouxe um enriquecimento na qualificação dos trabalhadores, em uma configuração denominada como “polivalências multiqualificantes”.

Por outro lado, outras análises sustentam que essa conclusão deve ser relativizada considerando-se dois aspectos. O primeiro, apresentado por Carrion (1998), que a partir de três estudos de caso, mostra um desenvolvimento diferenciado da competência entre os trabalhadores quando se trata do desenvolvimento da polivalência em atividades de controle e em atividades de produção. Para esse autor, as formas de polivalência mais difundidas não conseguem superar a estrita divisão entre as atividades de controle e produção. O segundo aspecto a considerar nessa redefinição do trabalho seria a simplificação de atividades resultantes da padronização de procedimentos impostos como uma forma de “retaylorização” do trabalho (FARIA, 1994). Corrobora desta visão Araújo (2001), que sustenta que grande parte das novas funções incorporadas teriam sido previamente simplificadas e “enquanto um pequeno grupo de operadores está se tornando multiquificado, um grande contingente está se tornando multitarefairo”.

Esse contexto do trabalho é destacado não só na indústria petroquímica, mas na indústria de processo contínuo de forma geral, em que os aspectos técnicos e organizacionais sofreram rápidas e profundas mudanças com inovações tecnológicas sendo empregadas com grande intensidade e rapidez, buscando aumentar o controle e a capacidade de produção (LIMA, 1998; DUARTE, 1995).

Devido à importância dessa indústria e a rapidez das transformações impostas e, por conseguinte, das possíveis implicações resultantes delas, diversos autores discutem os objetivos, as formas de implantação e as consequências dessas novas formas de organização e de tecnologias na indústria de processo contínuo para a vida e atividade dos seus trabalhadores; principalmente em indústrias que envolvem tecnologias de processamento de produtos perigosos como as indústrias

petroquímicas e as usinas nucleares (LLORY, 1999; DUARTE, 2002; FERREIRA; IGUTI, 2003; DEJOURS, 2004; FALZON 2007).

A intervenção humana na indústria de processo contínuo se caracteriza pela incerteza quanto ao momento, natureza e local da ocorrência das disfunções do processo, tornando o ritmo de trabalho bastante irregular, com momentos intercalados de monotonia e de crises, embora essas últimas tendam a ocorrer em menor frequência (FERRO *et al.*, 1987).

Frente às necessidades impostas pelas transformações tecnológicas e da divisão de trabalho, bem como pela coexistência de situações tecnológicas e de organização antigas e novas no ambiente de trabalho, os trabalhadores organizam seu trabalho e criam estratégias de ação a partir de suas competências para dar respostas às situações emergentes percebidas por eles próprios na rotina de trabalho, e essa organização e atividade no trabalho é diferente da forma prescrita.

Sob a perspectiva da ergonomia, situações como a descrita revelam que o trabalho possui dois aspectos diferentes e contraditórios a serem analisados e estudados: o trabalho real e o trabalho prescrito (WISNER, 1987; GUÉRIN *et al.*, 1991). Essa contradição se reflete nas exigências feitas aos trabalhadores para a realização da tarefa que junto com as condições de trabalho configuram sua carga de trabalho.

Vários estudos discutem o conceito de carga de trabalho como resultado da relação entre as exigências da atividade e a capacidade do trabalhador em lidar com elas. Esta relação apresenta diversos componentes de análise, envolvendo carga física, cognitiva e psíquica (WISNER, 1987; GAILLARD, 1993). Estes componentes da carga estão sempre presentes, embora, eventualmente, possa haver predominância de um deles.

A componente organização do trabalho é destacada por Duraffourg (1985) que coloca o limite de formação, as economias de meio e falta de participação dos trabalhadores como obstáculos ao equilíbrio do homem em sua atividade, nas diversas componentes envolvidas na carga de trabalho. Para este autor, os princípios da ação eficaz estão na compreensão do interior da atividade de trabalho, relacionando os fatores de risco ao conhecimento da população trabalhadora e da atividade desenvolvida, bem como observando sua implicação social. Dejours (1987) destaca os aspectos psíquicos da carga de trabalho apontando a organização do trabalho como causadora de uma fragilização somática na medida em que pode

bloquear os esforços dos trabalhadores para adequar o modo operatório às necessidades de sua estrutura mental.

Teiger e Laville (1981) ampliam o conceito de carga de trabalho quando explicitam a dificuldade de considerar ao mesmo tempo o indivíduo e seu bem estar físico, mental e social e as necessidades de sua atividade. Teiger e colaboradores (1980) argumentam que os efeitos da carga de trabalho sobre a pessoa, na sua vida intra ou extra laboral, não podem ser atribuídos a uma característica precisa do trabalho, mas são manifestações do conjunto das imposições sofridas no trabalho.

Estudos ergonômicos em suas abordagens de sistemas complexos e contínuos de produção com rápidas e intensas mudanças tecnológicas e organizacionais ampliam a abrangência dos aspectos que devem ser considerados, apontando a existência de uma complexidade maior de fatores para o entendimento dessas situações. Um dos pioneiros a apontar as limitações da abordagem tradicional, na qual seria possível conceber projetos à prova de falhas, e alertar para a necessidade de compreender o fenômeno da complexidade dos sistemas foi Perrow, quando analisou o acidente da usina nuclear de *Three Mile Island* ocorrido em 1979 nos Estados Unidos (PERROW, 1984a, 1984b).

Para Wisner (1991), a dimensão dos problemas a serem considerados quando se trata de adaptar a tecnologia à população é tamanha que o estudo do ambiente, no que concerne aos aspectos técnicos, econômicos, sociais, demográficos e antropológicos, não representa mais tão somente um pré-requisito do estudo ergonômico e sim uma parte integrante do todo. O interesse deste campo está na aplicação do conhecimento e da informação que se tem a respeito das pessoas e das organizações no projeto, implementação e uso da tecnologia. (DRAY, 1985).

Especialmente em sistemas complexos, a necessidade de o homem interagir com equipamentos de gerações distintas e de operação complexa, conduziu a várias abordagens e técnicas que foram desenvolvidas para se entender um ou mais aspectos dessa interação.

A ação do homem dentro dos sistemas complexos é essencial. Ele é responsável por realizar as manobras programadas de diferentes níveis de complexidade, supervisionar o estado de todo o sistema sob sua responsabilidade, fazer escolhas e tomar decisões obtendo informações no e do próprio sistema que possibilitem que ele conduza sua ação de forma correta. Desta forma, há

significativas demandas cognitivas em condições normais de trabalho, as quais são potencializadas quando ocorrem anomalias e pressão do tempo de resposta para a execução de uma atividade (DEKKER, 2005, CRANDALL, KLEIN, HOFFMAN, 2006).

Mesmo em sistemas automatizados que objetivam a substituição, isolamento ou controle da ação do homem, é ele quem irá verificar a pertinência das regras de funcionamento, dos procedimentos prescritos nas tarefas, mudar ou complementar esses procedimentos padrões, ou mesmo, inventar novas soluções de organização, prever os resultados, as perturbações possíveis e as necessidades de segurança do sistema.

Na indústria de petróleo, objeto desta dissertação, essa complexidade pode ser evidenciada pela magnitude dos recentes e graves acidentes com impactos significativos em âmbito organizacional e para sociedade como um todo. Os Estados Unidos, em 2010, vivenciou o pior vazamento de petróleo da história, ocasionado por um acidente na plataforma da *British Petroleum* (BP), que resultou na morte de trabalhadores, prejuízos milionários e danos significativos ao meio ambiente e para as comunidades atingidas. No Brasil, também não são raros os acidentes, dentre os quais se destacam pelos impactos ocasionados, os acidentes com as plataformas P-34 e P-36 da Petrobrás, repetindo o cenário de mortes, prejuízos e impacto ambiental. No entanto, os acidentes não são privilégio das plataformas, as refinarias também têm vivenciado acidentes como o da refinaria Duque de Caxias, que resultou em um grave vazamento na Baía de Guanabara.

Para Carvalho e Vidal (2001), nesses acidentes observa-se um excesso de confiança na tecnologia e pouca preocupação com o comportamento humano e sistemas de trabalho nas organizações.

A persistência na ocorrência de grandes e graves acidentes dentro dessa indústria evidencia a atualidade e urgência da discussão de questões e dos estudos a respeito de confiabilidade humana, do entendimento de melhor definição dos fatores humanos e sua relação e o seu papel na manutenção de sistemas confiáveis.

Dentre essas abordagens desenvolvidas nos estudos destacam-se as pesquisas sobre o erro humano, que gradualmente foram delineando a área de confiabilidade humana (*human reliability*) ou da análise de confiabilidade humana (*human reliability analysis*).

Para Sharit (1999), algumas das abordagens de confiabilidade humana são oriundas de métodos de confiabilidade em engenharia, cujo foco inicial era estudar a probabilidade de falha do sistema e o dimensionamento do impacto em caso de erro. Derivaram dessas abordagens, os métodos de análise de confiabilidade humana (*human reliability assessments* - HRA), cujos métodos mais convencionais compunham sistemas probabilísticos de segurança (*probabilistic safety assessments* - PSA) e técnicas de identificação do erro humano (*human error identification* - HEI). Por outro lado Wilson (1994) argumenta que a única forma racional e efetiva de lidar com confiabilidade humana e sistemas confiáveis é o desenvolvimento de amplos sistemas domésticos (*in-house*) envolvendo a participação organizacional e individual.

No entanto, o painel teórico nesse campo é amplo, pois envolve pesquisas com enfoque sobre o erro humano, sua definição, classificação, caracterização de mecanismos de ocorrência e seus aspectos psicológicos e cognitivos (PERROW, 1984a, WISNER, 1989, REASON, 1990).

Face ao exposto, busca-se nesta dissertação estudar a confiabilidade humana no contexto da indústria de petróleo a partir da perspectiva da ergonomia. Parte-se da análise da atividade dos operadores com intuito de identificar as estratégias e elementos informais (não previstos em padrões de prescrição), elaborados por eles no ambiente de trabalho e relacioná-los ao papel do operador como agente da confiabilidade humana na manutenção da estabilidade do sistema produtivo em uma empresa da indústria petroquímica.

1.2 Objetivo

A partir da análise de uma situação de trabalho, na qual a implantação de novas tecnologias apresentou problemas, identificados pela empresa como de “confiabilidade humana localizados na interface homem-máquina”, aprofundar as discussões teóricas e o levantamento de campo produzido em trabalhos anteriores, especificamente:

- Construir um quadro teórico-conceitual que integre os principais construtos relacionados à análise ergonômica do trabalho e à confiabilidade humana;
- Investigar a forma de gestão de confiabilidade prescrita pela organização e algumas das possíveis estratégias informais e não previstas na prescrição utilizadas pelos operadores para manutenção da estabilidade do processo.
- Evidenciar o papel fundamental do trabalhador como um agente de manutenção e de construção de elementos de confiabilidade do sistema; e que estes elementos presentes na sua atividade podem ser correlacionados como indicadores do estado do sistema de confiabilidade humana e assim auxiliar no diagnóstico do sistema implantado, e/ou na configuração de um sistema novo de gestão de confiabilidade humana.
- Propor intervenção sobre um equipamento (Turbo Bomba - TB) considerando as estratégias e elementos desenvolvidos pelos trabalhadores para sua operação.

1.3 Metodologia

Nesta seção são apresentadas as principais escolhas metodológicas feitas para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Para atingir os objetivos estabelecidos para este trabalho, a abordagem de pesquisa adotada tem características de pesquisa bibliográfica e qualitativa, mesclando a metodologia da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) à pesquisa-ação na pesquisa de campo.

1.3.1 Pesquisa-ação

Optou-se pela abordagem metodológica de pesquisa-ação que, segundo Thiollent (1985, p. 14), pode ser definida como “um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo e participativo”.

A escolha desta abordagem metodológica reside na necessidade de intenso envolvimento do pesquisador com os grupos de operadores e técnicos que serão objeto do estudo de campo. Uma interação dinâmica durante todo o projeto de pesquisa será vital para que o quadro teórico possa ser concebido, desenvolvido e analisado.

Destaca-se ainda que, na metodologia de pesquisa-ação, além da formulação de um problema, privilegia-se também a proposição de uma sugestão ou solução para a questão em estudo; que o pesquisador e o cliente colaboram no desenvolvimento de um diagnóstico e solução científica de um problema, que contribui para o estoque de conhecimento em um determinado campo, (BRYMAN, 1989).

Decorrente do intenso envolvimento necessário para o desenvolvimento desse tipo de pesquisa, o pesquisador precisa envolver-se diretamente com a organização estudada, o que é um dos aspectos que diferencia a pesquisa-ação do método de estudo de caso (BRYMAN, 1989). Por outro lado, exige-se do pesquisador um acesso privilegiado a todas as pessoas-chave da organização que tenham algum tipo de envolvimento com a situação estudada, e que estas reconheçam o valor e a utilidade da pesquisa-ação em curso.

Estudos destacam ainda que, em geral, o pesquisador atua como agente facilitador externo à ação na empresa ou grupo de empresas, de modo que possa refletir e analisar com independência (COUGHLAN; COUGHLAN, 2002).

Desta forma, é importante que o pesquisador tenha por hábito o registro sistemático de suas observações e experiências, o que auxilia na construção do conhecimento a partir de eventos importantes.

Por ser uma abordagem bastante dinâmica, uma questão crítica para o pesquisador é o estabelecimento dos objetivos que irão definir o escopo e a delimitação do projeto de pesquisa. Por isso, Coughlan e Coughlan (2002) sugerem que a pesquisa-ação ocorre em ciclos.

Para esses autores, o ciclo da pesquisa-ação é formado por três fases distintas, conforme ilustrado na Figura 1.

A primeira fase é a de pré-análise, em que se definem o contexto e a finalidade. A fase de desenvolvimento é composta por seis etapas seqüenciais. Já o monitoramento é a meta-etapa que realimenta as demais etapas, constitui uma etapa fundamental e cabe essencialmente ao pesquisador. É onde ocorre a construção do conhecimento. Podem ocorrer vários ciclos de pesquisa-ação, o que gera a oportunidade da aprendizagem contínua.

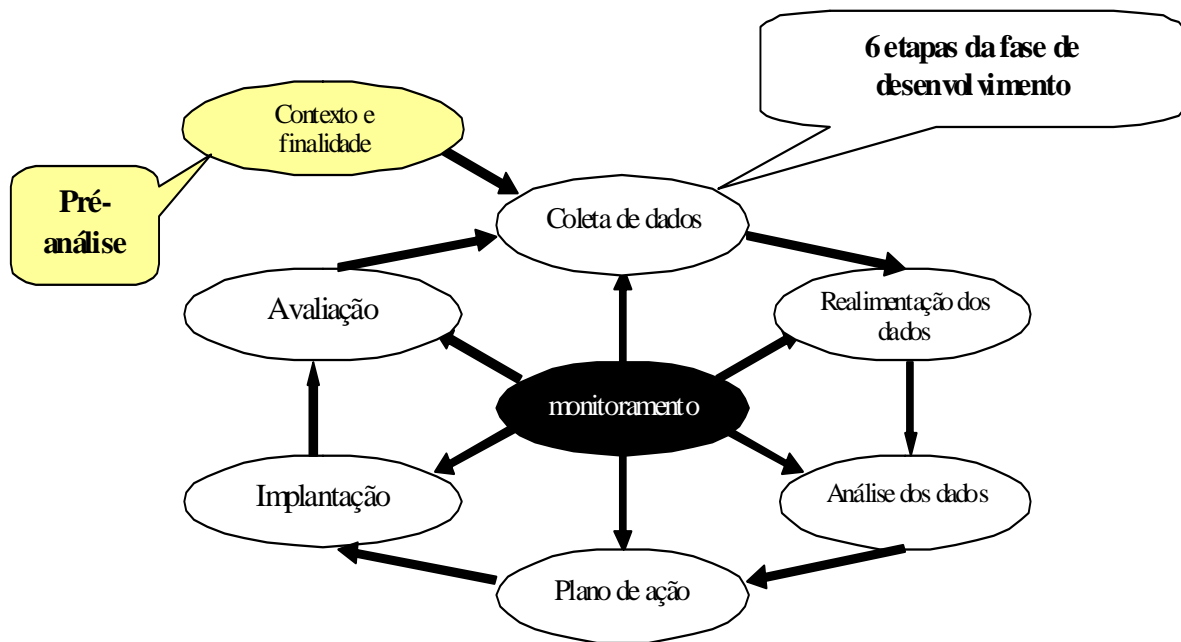


Figura 1 - Ciclo da Pesquisa-Ação

Fonte: Adaptado de Coughlan e Coughlan (2002)

Conforme mencionado anteriormente, essa dissertação estuda a confiabilidade humana na perspectiva da ergonomia e, portanto, de sua abordagem metodológica.

Segundo Wisner (1991) a metodologia ergonômica originada na análise do trabalho diversificou-se e consolidou-se com um conjunto considerável de pesquisas e estudos, destacando-se como principais aspectos:

- Extensão da análise do ambiente, acrescentando os aspectos demográfico, biológico e antropológico;
- Metodologia das análises das atividades do trabalho;
- Metodologia da elaboração das soluções, acima das recomendações;
- Extensão e aprofundamento dos critérios de êxito da intervenção.

Ressalta-se a importância do estudo do ambiente, no que concerne aos aspectos econômico, social, demográfico e antropológico, como fundamentais na análise ergonômica, segundo Wisner (1991). Desta forma, a ênfase que predominava na análise do posto de trabalho e nas recomendações e sugestões de melhorias com foco de atenção sobre as estações de trabalho individuais e aspectos micro ergonômicos dos sistemas trabalho, ampliou-se formando um novo campo para a ergonomia preocupada com o papel do trabalhador dentro das organizações, constituindo uma terceira geração da ergonomia.

Desta forma, a abordagem de pesquisa ação apresenta vários aspectos sinérgicos à Análise Ergonômica do Trabalho (GUÉRIN et al, 1991; WISNER, 1987).

A abordagem empregada nessa análise tem como foco a atividade real do trabalhador e a busca da compreensão dessa atividade exercida a fim de dar conta das exigências de suas tarefas; junto com a observação e indicação de efeitos que a interação com os fatores presentes na sua situação de trabalho (ambiências físicas e fatores organizacionais) têm sobre esses trabalhadores, o desempenho de sua atividade e os aspectos de confiabilidade humana em sua interação com seus equipamentos e artefatos.

Dada as opções metodológicas da pesquisa, foi necessário encontrar uma organização que permitisse o envolvimento do pesquisador, bem como acesso privilegiado às pessoas-chave da organização na área de confiabilidade, aos trabalhadores e ao ambiente organizacional em análise. Com base nestes requisitos, o trabalho foi desenvolvido em uma refinaria de grande porte, no período de 2008 a 2010.

A pesquisa de campo originou-se a partir de uma demanda específica sobre um posto de trabalho em uma indústria de processo contínuo, que notadamente

passa por intensas e rápidas mudanças tecnológicas e de processos, onde foi implementado um painel de controle de equipamento, sendo que problemas operacionais decorreram dessa transformação tecnológica e foram classificados pela empresa como originados em falha na área de confiabilidade humana, especificamente situados na interface homem-máquina.

Para complementar o quadro da situação analisada, portanto, é importante conhecer as visões sobre as conseqüências da implantação dessas mudanças tecnológicas das inovações nos processos de produção, seus reflexos na confiabilidade dos sistemas e também sobre a influência dos usuários dessas transformações na concepção dessas mudanças, e inversamente, a influência das mudanças sobre as ações dos seus usuários. Como os especialistas na área de inovação vêem a gestão, o desenvolvimento e a implantação dessas inovações e transformações? Existe uma conexão entre os diferentes campos da ergonomia, confiabilidade humana e gestão de inovações? Podem de alguma forma os conceitos de um reforçar e interagir com o dos outros para seu desenvolvimento?

Ao longo de dois anos o pesquisador passou em média oito horas semanais envolvido com o ambiente estudado. O pesquisador teve acesso aos 13 operadores da área e quatro supervisores de turno, semanalmente, bem como aos três engenheiros encarregados da confiabilidade, sempre em reuniões agendadas.

Além do contato direto com os envolvidos, foram identificadas várias fontes e coletadas evidências a partir de dados secundários como análise documental, tais como procedimentos, normas e políticas da organização estudada; coleta de dados primários através de análises do ambiente físico, medições, fotos e filmagens, entrevistas, reuniões e *workshops*.

1.3.2 Pesquisa Bibliográfica

Nesta dissertação mesclaram-se, na pesquisa bibliográfica, técnicas de bibliometria e análise de conteúdo. O termo bibliometria refere-se às análises matemáticas e estatísticas dos padrões que aparecem na publicação e uso de documentos (DIODATO, 1994).

Este estudo utiliza as técnicas conhecidas como citação, baseado na premissa de que autores citam documentos que eles consideram importantes no desenvolvimento de suas pesquisas e, portanto, as obras mais citadas são aquelas que exerceram maior influência sobre a área (CULNAN, 1987; TAHAI; MEYER, 1999).

A base de dados utilizada neste estudo foi construída através de informações extraídas da *ISI Web of Science*. A primeira análise bibliométrica realizada foi publicada em Silva, Menegon e Carvalho (2009) e continuamente atualizada até 2011. A busca dos artigos foi realizada selecionando-se todas as publicações que possuíam a frase “confiabilidade humana” (*human reliability*), entre aspas, mencionadas em assunto (*topic*), gerando um total de 661 resultados.

É importante salientar que essa base de dados foi selecionada, pois concentra os periódicos indexados que compõe o *Journal Citation Report* (JCR), indicador utilizado por várias áreas para aferir a relevância de um periódico. Desta forma, artigos de outras bases como *Scopus* ou mesmo *Scielo*, que estejam indexados aparecem na busca.

Esse resultado foi refinado considerando como tipo de documento (*document type*) apenas artigos (*articles*), o que resultou em 304 artigos de 94 periódicos diferentes. Esse recorte foi adotado na análise dado que os artigos quando publicados em periódicos acadêmicos já passaram por um processo de revisão por pares e atendem aos critérios de aprovação de periódicos acadêmicos indexados na base estudada, o que não acontece necessariamente em artigos de eventos e em livros.

Como classificação de áreas temáticas destacam-se, para estes 304 artigos, as áreas de engenharia industrial (*engineering, industrial*), com 157 artigos, de operações e administração (*operations research & management science*), com 122 artigos, ocupando a área de ergonomia (*ergonomics*) a terceira posição com 50 artigos. Nota-se que um artigo pode estar relacionado a mais de uma área temática.

Esta lista geral de artigos foi utilizada como pano de fundo para a análise central que tem como foco a perspectiva de ergonomia sobre a área de estudos em confiabilidade humana. Desta forma, fez-se um terceiro filtro nesses artigos, selecionando-se como áreas temáticas (*subject areas*) ergonomia (*ergonomics*) o que resultou em 50 artigos (16% do total) de 14 periódicos, produzidos por 108

autores, que compreendem o período de 1963 a 2011. A Figura 2 ilustra o método de refinamento através desses filtros e o fluxo de análise.

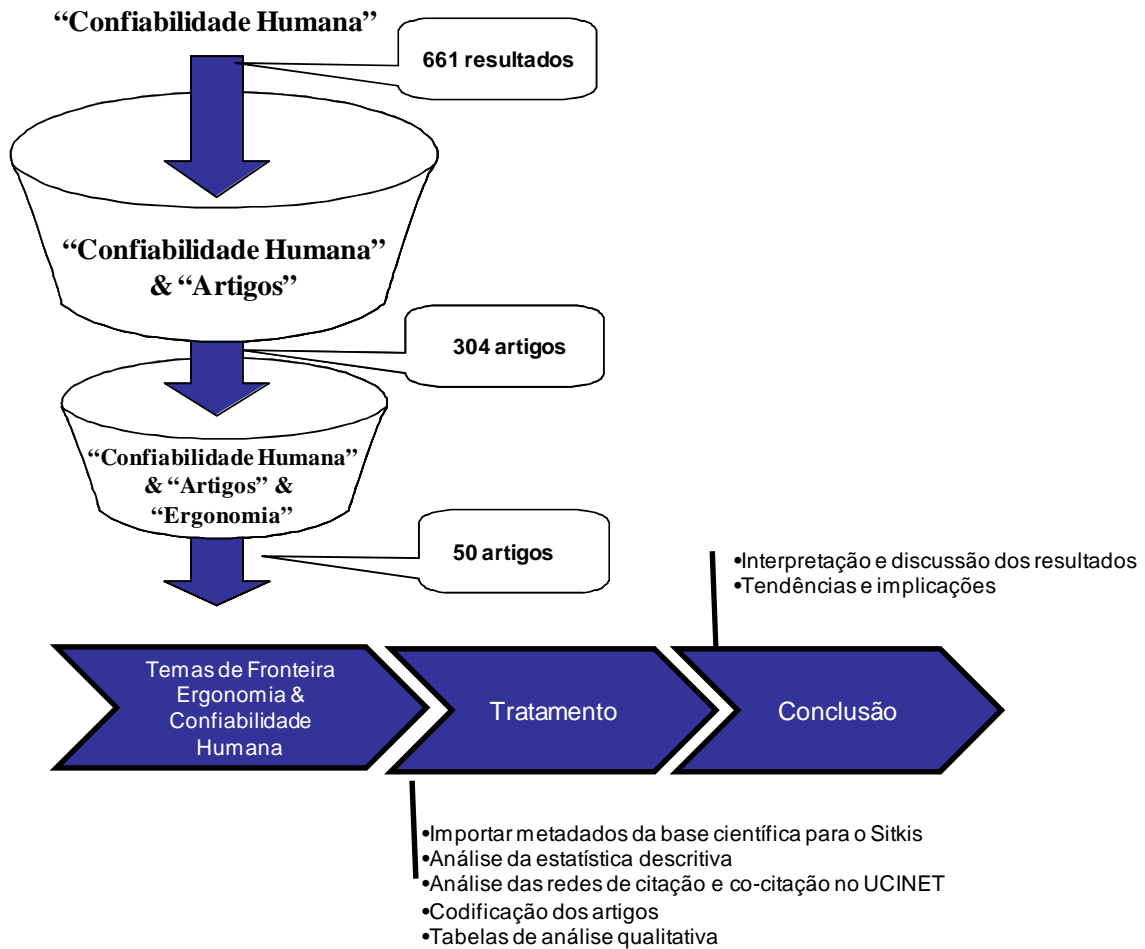


Figura 2 - Revisão de literatura – filtros de seleção e fluxo de análise

Fonte: Elaborada pelo autor

Os 50 artigos foram extraídos das bases de dados e analisados segundo alguns critérios qualitativos. As análises bibliométricas foram feitas com auxílio de *softwares*. O arquivo texto gerado com os artigos selecionados foi importado no software Sitikis (SCHILDT, 2002) através do qual se realizou análises bibliométricas com auxílio do software UCINET. As análises e critérios empregados encontram-se detalhados no artigo em Apêndice (A), originado dessa pesquisa.

O primeiro trabalho disponível na *ISI Web of Science* foi publicado no *American Journal of Psychiatry* em 1963 e discutia as implicações da confiabilidade humana nos procedimentos de seleção e triagem da marinha americana (CHRISTY; RASMUSSEN, 1963). O trabalho pioneiro com foco em ergonomia foi publicado no periódico *Human Factors*, no ano seguinte, por Meister (1964), e é um dos mais citados da área, cujo objetivo era discutir os métodos de predição da confiabilidade humana em sistemas homem-máquina. Praticamente nas duas décadas seguintes a publicação foi bastante tímida não excedendo três artigos por ano, com vários períodos sem nenhuma publicação. O segundo trabalho com foco em ergonomia só ocorre praticamente duas décadas depois, com o artigo de Adams (1982). Somente a partir da segunda metade da década de 1980 o volume de publicações ganhou maior envergadura.

Os critérios empregados nas análises bibliométricas, bem como as redes de citação e co-citação e tabelas de análise encontram-se detalhados no APÊNDICE A, enquanto as discussões do quadro teórico são apresentadas no próximo capítulo.

Abordagem similar foi conduzida na base de dados Scielo, na qual estão os principais periódicos nacionais. Da busca com as palavras chave “*human reliability*” e “confiabilidade humana”, resultaram apenas 2 artigos de Menezes e Droguett (2007) e Oliveira e Selitto (2010), ambos publicados na revista *Produção*. Com o termo “confiabilidade” foram encontrados 111 artigos.

1.4 Estrutura da dissertação

A estrutura proposta para a dissertação é apresentada na

Figura 3, e está estruturada em quatro capítulos. Após este capítulo introdutório, o capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, relacionada aos temas principais, quais sejam: análise ergonômica e confiabilidade humana. O capítulo 3 é destinado à apresentação e discussão dos resultados da pesquisa de campo. Finalmente, o capítulo 4 apresenta as conclusões e limitações do estudo.

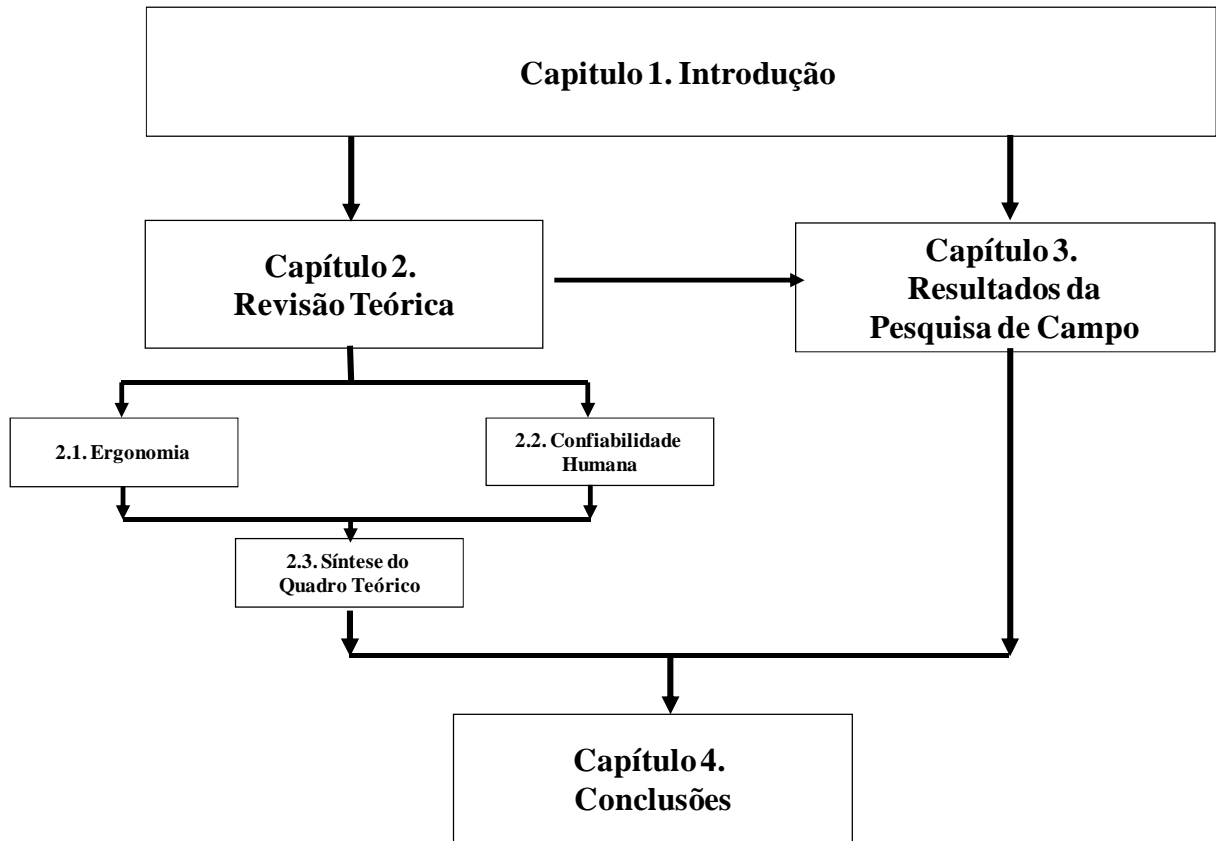


Figura 3 - Estrutura da dissertação

Fonte: Elaborada pelo autor

2 REVISÃO TEÓRICA.

O presente capítulo apresenta o levantamento bibliográfico que contempla os temas análise ergonômica do trabalho e confiabilidade humana.

2.1 Análise Ergonômica do trabalho – AET

Um dos pilares teóricos dessa dissertação é a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), que busca respostas às demandas que surgem no interior das situações produtivas, tendo como centro da análise a atividade de trabalho (GUÉRIN *et al.*, 2004; WISNER, 1987).

2.1.1 Principais conceitos

Segundo Guérin *et al.* (2004), a AET pauta-se em quatro fundamentos, quais sejam:

1. Distinção entre *tarefa* e *atividade*
2. Conceito de *variabilidade*
3. Conceito de *carga de trabalho*
4. Conceito de *modo operatório*

O primeiro fundamento remete à distinção entre tarefa e atividade. A *tarefa* representa o que é prescrito pela empresa ao operador e não é o trabalho, enquanto que a *atividade* de trabalho é uma estratégia de adaptação do operador à situação real de trabalho, objeto da prescrição. Dessa forma, Guérin *et al.* (2004) argumenta que a análise ergonômica da atividade é a análise das estratégias usadas pelo operador para administrar a distância entre o prescrito e o real do trabalho, ou seja, a análise do sistema homem-tarefa, conforme ilustra a Figura 4.

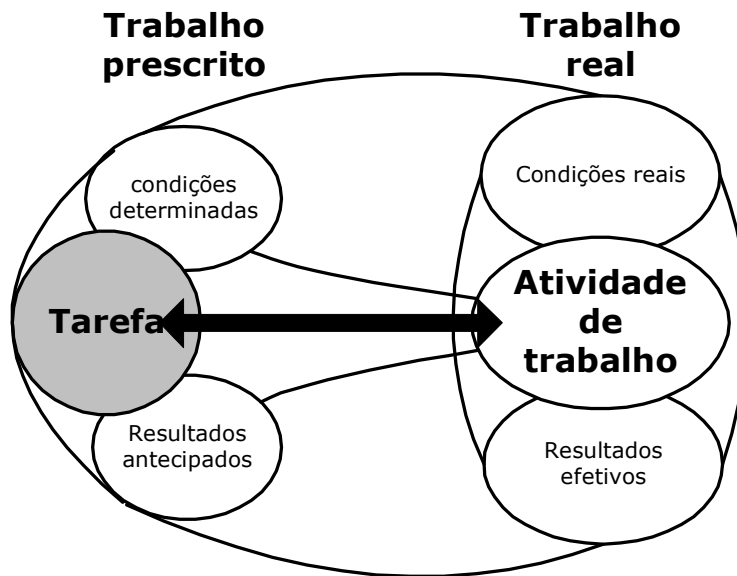


Figura 4 – Trabalho prescrito x real.

Fonte: Adaptada de Guérin *et al.*(2004)

O segundo fundamento é o conceito de *variabilidade*, que está associado ao imponderável, ou aquilo que não foi previsto, e que se manifesta nas situações produtivas. Dessa forma entre a tarefa e a atividade existe o imponderável, e é importante compreender como os trabalhadores enfrentam as diversidades e as variações de situações e quais consequências elas acarretam para a saúde e para a produção. Sendo assim, a variabilidade implica na necessidade de reconhecer a instabilidade implícita do *sistema homem-trabalho*.

A ergonomia classifica a variabilidade em duas: variabilidade de sujeitos e variabilidade da empresa, (GUÉRIN *et al.*, 2001).

A *variabilidade dos sujeitos* também se subdivide: em intra-individual e inter-individual. A variabilidade intra-individual busca considerar as alterações que o indivíduo sofre ao longo do tempo, enquanto a variabilidade inter-individual considera as diferenças biocognitivas e histórias de vida.

A *variabilidade da empresa* está relacionada aos materiais, equipamentos e organização, podendo ser *normal* ou *incidental*. A *variabilidade normal* decorre das características intrínsecas do trabalho executado e podem ser de dois tipos: sazonal ou periódica. Já a *variabilidade incidental* vem de eventos aleatórios e

desconhecidos, ou seja, antes da sua revelação pela regulação e modos operatórios desenvolvidos pelos operadores.

Os efeitos da variabilidade têm implicação sobre os dois fundamentos da AET, *carga de trabalho* e *modo operatório*, que serão definidos a seguir. A variabilidade impacta no aumento ou diminuição da *carga de trabalho*, e, determina a necessidade de construção constante pelos trabalhadores do seu *modo operatório*.

O conceito de *carga de trabalho* é dividido em uma parcela física e outra mental, sendo a última subdividida em cognitiva e psíquica. A *carga de trabalho* é síntese da confrontação de dois condicionantes, a tarefa na perspectiva da empresa e a atividade na perspectiva do trabalhador, cujo resultado retorna sobre ambos: trabalhador e empresa. Para o trabalhador, a carga de trabalho manifesta-se sobre seu estado de saúde, enquanto para a empresa, a carga impacta a produção e produtividade (GUÉRIN ., 2001).

O quarto fundamento da AET é o conceito de *modo operatório*, que caracteriza as diferentes maneiras de se executar uma mesma tarefa. É importante observar que esse conceito decorre dos conceitos anteriores e representa a resposta individual aos determinantes de uma situação de trabalho.

Frente um dado contexto, em que são fixados os objetivos e disponibilizados os meios, o sujeito elabora uma representação da situação, e constrói seu *modo operatório*. A escolha pelo sujeito de um modo operatório específico, deriva das possibilidades de regulação da atividade e de sua competência. Além disso, as variabilidades trazem ao trabalho características próprias de cada momento e os trabalhadores servem-se dos meios disponíveis ou inventam outros meios para dar conta de sua atividade, possibilitando, assim, visibilidade às estratégias de regulação (DEJOURS, 1993).

Decorre então desse contexto que a eficácia do trabalho não provém do mero respeito às prescrições, mas da capacidade de regulação da atividade desenvolvida pelos sujeitos atuantes, gerenciando as variações da atividade e seus efeitos.

2.1.2 Metodologia da AET

A opção pela abordagem da análise ergonômica do trabalho (AET) deve-se ao fato dessa metodologia ter como seu ponto central o estudo da interação entre os trabalhadores e o sistema de trabalho por meio das atividades dos operadores nos seus aspectos físico, mental e de comunicação.

Através do estudo de todos os componentes envolvidos numa situação de desempenho produtivo e relacionando-os da mesma forma que se processam no cotidiano da empresa, a análise ergonômica apresenta uma possibilidade de compreensão mais abrangente da situação de trabalho. Sendo assim, a AET tem por objetivo a análise das exigências e condições reais da tarefa e análise das funções efetivamente utilizadas pelos trabalhadores para realizar sua tarefa (LAVILLE, 1977).

A análise do trabalho e a análise da atividade revelam aspectos que permanecem obscuros dentro das necessidades, aplicações e operação que alguém pode ter de um determinado instrumento, produto, ou processo produtivo. A AET evidencia a atividade real do trabalho e revela a lacuna (*gap*) existente entre esta e a representação predominante do trabalho que orienta os designers e condutores de processos de inovação, causando ineficiência, erros e prejuízos de concepção.

Segundo Wisner (1987) a metodologia da análise ergonômica do trabalho, é uma abordagem do trabalho real e aparece então como o instrumento de medida da distância entre o trabalho prescrito e o trabalho real. A metodologia da AET comporta fases em sua ação, entretanto a sequência dessas fases não se dá de uma forma linear, mas sim direcionadas de acordo com a peculiaridade dos dados observados e da situação analisada. Corroborando dessa visão Guérin et al. (1991) que argumenta que os acontecimentos e a própria dinâmica das situações analisadas podem levar o ergonomista a realizar micro e macro ajustes.

A AET compreende a análise da demanda, a análise da tarefa e a análise da atividade.

Compreender a demanda representa um aspecto crítico da intervenção ergonômica. É nessa etapa que o analista define o problema, analisa a representatividade do autor da demanda, a perspectiva de ação, os meios disponíveis, confronta a origem real e a demanda formal. Nessa fase é colocada em

discussão com os interessados a pauta de intervenção que se transformará em contrato de intervenção ergonômica (GUÉRIN et al., 2004; WISNER, 1987).

A demanda pode originar-se de interlocutores diferentes (direção geral, serviços técnicos e de pessoal, trabalhadores e seus representantes) e sua formulação inicial pode ser mais ou menos admissível ao ergonômista. Sendo assim, a análise e a reformulação da demanda representam um aspecto essencial da intervenção ergonômica. (GUÉRIN et al., 1991).

A partir de definido o problema com todos os interessados ele se transformará em um contrato de intervenção ergonômica. A análise da demanda consiste, portanto, em definir o problema a ser analisado, delimitar o objeto de estudo e esclarecer as finalidades do estudo.

A tarefa pode ser definida como o modo de apreensão concreta do trabalho com o objetivo de reduzir ao máximo o trabalho improdutivo, e otimizar o trabalho produtivo. As eliminações das formas nocivas de trabalhar, bem como a pesquisa de métodos mais eficientes, permitem atender a estes objetivos.

A tarefa pode ser entendida ainda como um princípio que impõe um modo de definição do trabalho em relação ao tempo. Este conceito de tarefa implica na necessidade de estabelecer métodos de gestão que permitem definir e medir a produtividade decorrente da relação entre os gestos dos operadores e os meios mecânicos de produção.

Os mesmos autores definem tarefa como o conjunto de objetivos designados aos operadores e um conjunto de prescrições, definidas pela empresa para atender a seus objetivos particulares (GUÉRIN et al., 1991). Ela integra a definição dos modos operatórios, as instruções, as leis de segurança e define as características do dispositivo técnico, do produto a transformar, ou do serviço a realizar e o conjunto dos elementos disponíveis para atender aos objetivos fixados.

A característica principal dos processos de elaboração da tarefa é sua exterioridade em relação aos operadores envolvidos. Em consequência, a tarefa tende com frequência a não considerar as particularidades dos operadores e suas opiniões sobre as escolhas realizadas e impostas pela empresa.

A fase da tarefa inclui ainda a coleta sistemática de informações sobre a situação de trabalho em questão, recorrendo-se a levantamentos junto aos trabalhadores e diversos serviços da empresa que estejam relacionados ao problema. Esses levantamentos são feitos através de entrevistas e/ou questionários

e permitem identificar os aspectos técnicos da situação de trabalho e as dificuldades existentes. Permitem ainda a identificação da população que ocupa o posto ou postos de trabalho em análise (idade, nível educacional, tempo médio de permanência no trabalho ou na empresa, etc.) e queixas em geral relatadas pelo grupo de trabalhadores.

Desse modo, através da análise da tarefa os ergonomistas buscam entender a proposta da performance exigida, os objetivos a serem alcançados, as normas empresariais a serem obedecidas bem como os critérios de seleção/recrutamento que definem os pré-requisitos do cargo/função em estudo.

Segundo Ferreira (s.d), "se a ergonomia se preocupa com as relações que ocorrem entre o homem e a situação de trabalho, sua unidade de análise só pode ser a atividade porque a atividade é exatamente a mediação que existe entre o homem e o que ele vai produzir ou quer modificar". A mesma autora considera a atividade um fio condutor que se desenrola à medida que a análise progride, e que traz consigo todos os aspectos da situação de trabalho e dos próprios trabalhadores.

Montmollin (1984) considera que a atividade é o que se faz realmente enquanto a tarefa indica o que deve ser feito. Desse modo a atividade sugere o modo que o sujeito encontra para realizar as ordens Guérin et al. (1991) afirma ser a atividade o elemento central organizador e estruturante dos componentes da situação de trabalho. A atividade representa uma resposta às condicionantes determinadas exteriormente ao operador, simultaneamente suscetível de transformá-las. Para Abrahão (1993):

a atividade de trabalho significa o trabalho real efetivamente realizado pelos indivíduos, a forma pela qual ele consegue desempenhar suas tarefas. É resultado das definições impostas pela empresa em relação à sua tarefa, e das características pessoais, experiência e treinamento do trabalhador. Sendo assim, a abordagem ergonômica é centrada sobre o estudo da atividade real de trabalho, a globalidade das situações e como os operadores avaliam as condições e execução das suas atividades e as conseqüências dela resultantes.

De modo geral, a análise ergonômica da atividade, busca apreender a atividade em situação real de trabalho considerando os seguintes aspectos:

- A variabilidade da situação (em suas dimensões materiais, organizacionais e humanas);
- A descrição detalhada do modo operatório dos trabalhadores;
- A organização dinâmica da atividade explicitando processos de decisão, conhecimentos informais, estratégias e regulações internas (LIMA, 1992).

Juntamente com a análise da demanda e da tarefa, a análise da atividade permite identificar os problemas presentes na situação de trabalho e conseqüentemente os efeitos destes sobre a saúde e bem estar do trabalhador.

Os ergonomistas interessam-se por esta diferença entre o trabalho prescrito e trabalho real devido à conseqüências diversas que acarretam para pessoas, empresas e para própria comunidade. Além disso, porque acreditam que não é possível considerar uma transformação qualquer das condições de trabalho sem encarar a realidade das características dos trabalhadores, bem como dos sistemas técnico-organizacionais. (DANIELLOU et al., 1989).

A mudança na perspectiva tradicional da ergonomia predominante, baseada no estudo dos fatores humanos a partir de uma relação de forma estática entre o homem e seu trabalho, para uma perspectiva de “apreender as relações dinâmicas entre o indivíduo que trabalha e a situação de trabalho, ambos os termos mutáveis no tempo e no espaço”, oferecida pelas proposições da ergonomia francófônica, construiriam melhores espaços para o entendimento das situações de trabalho e conseqüentemente para as inovações e modificações a serem implementadas, (LIMA, 1998).

Através de uma análise considerando ao mesmo tempo as características dos trabalhadores observados e os elementos do ambiente de trabalho e como estes elementos se apresentam e são percebidos pelos operadores podemos desvendar causas das não confiabilidades e formular questões e soluções necessárias. (PAVARD, B., MARMARAS, N., 1999).

2.2 Confiabilidade humana

O estudo da confiabilidade humana é um tema complexo, como um caleidoscópio, no qual as abordagens de engenharia, ergonomia, psicologia, entre outras enxergam perspectivas diversas de acordo com o prisma de análise.

Devido à necessidade de o homem interagir com equipamentos e sistemas complexos, várias abordagens e técnicas foram desenvolvidas para se entender um ou mais aspectos desse problema, e gradualmente construiu (e veremos que permanece em processo de construção) a área de estudos da confiabilidade humana (*human reliability*) ou da análise de confiabilidade humana (*human reliability analysis*), conforme mencionado na seção introdutória desta dissertação.

A importância dos estudos a respeito de confiabilidade técnica e especificamente a respeito dos fatores humanos envolvidos na confiabilidade e seu caráter social, econômico e humano fica evidenciada pelo grande número de trabalhos desenvolvidos nas mais diversas áreas de estudo. Embora os estudos abranjam diversos tipos de indústrias, especial atenção é dada aos sistemas considerados de alto risco como o das indústrias de processos contínuos (químicas, petroquímicas e nucleares), nos sistemas de transporte (aéreo, espacial, ferroviário), ou sistemas de distribuição de informações (telecomunicações).

Uma análise bibliográfica aprofundada dos artigos relacionados ao assunto da confiabilidade humana foi empreendida para se entender o desenvolvimento histórico, a motivação dos estudos, o desenvolvimento dos conceitos e apresentar uma perspectiva da evolução e do estado atual e tendências das pesquisas sobre o tema.

Buscando obter uma visão sobre a pesquisa de confiabilidade humana e sua evolução dentro desse universo, foi realizada uma análise considerando as obras de uma grande base de dados, a *ISI Web of Science*, que dispõe dos principais periódicos indexados. Partiu-se da hipótese de que os artigos acadêmicos e suas referências bibliográficas mais citadas são uma indicação confiável do estado da arte em uma determinada área. Esse tipo de análise permite identificar as principais tendências, os autores e obras mais importantes, bem como verificar as mudanças de trajetória que tiveram ao longo do período publicação, desde a primeira registrada

na base até os dias atuais, utilizando métodos bibliométricos e analíticos (WHITE; MACCAIN, 1998).

O conteúdo dos estudos e trabalhos analisados tende a refletir o posicionamento individual dos pesquisadores, as fontes ou bases motivadoras das análises e seus objetivos particulares. Sem arriscar-se a descrever profundamente um painel teórico definitivo nesse campo, se isso realmente fosse possível, o objetivo é traçar um panorama e identificar os possíveis caminhos e vertentes por onde se orientam os estudos dessa área.

Além disso, a análise dos artigos de confiabilidade humana na perspectiva de ergonomia revelou que uma parcela significativa dos artigos faz uma análise crítica de instrumentos de avaliação e diagnóstico com forte interface com a área de engenharia industrial. Uma parcela menor dos artigos trata de temas relacionados a questões psicológicas e de cognição.

A análise bibliométrica realizada nesse trabalho destacou a relevância e centralidade de Kirwan, da Universidade de Birmingham, tanto no número de artigos produzidos como no número de citações. Esse autor tem quatro artigos (KIRWAN, 1992a, 1992b; SHORROCK; KIRWAN, 2002; KIRWAN, 1996) dentre seus 10 mais citados. Sua contribuição está fortemente relacionada às técnicas de análise de confiabilidade humana com apoio de questionários e *softwares* de simulação, com forte interface com a área de engenharia industrial.

Quanto ao volume de publicações verificou-se uma consolidação nas últimas duas décadas com picos em anos recentes 2004, 2006 e 2008. Os artigos mais recentes discutem confiabilidade humana na área de ciências da computação, com forte influência das áreas de psicologia e de ciências comportamentais.

Em termos de periódicos da área de ergonomia a discussão sobre confiabilidade humana está centrada na *Applied Ergonomics* e na *Ergonomics*. No entanto, o periódico *Reliability Engineering & System Safety* destaca-se quando não há o filtro da área ergonomia.

No APÊNDICE A apresenta-se em detalhe a análise bibliométrica, onde estão descritos os campos de estudo, as redes, as referências das publicações, os autores centrais e os artigos e referências mais citados sobre o tema da confiabilidade humana.

2.2.1 Perspectiva cronológica do desenvolvimento da área de confiabilidade humana

Uma das primeiras sínteses sobre o tema da confiabilidade humana foi elaborada por Neboit (1990) no livro *Fiabilité humaine: Présentation du Domaine*, que resumiu uma evolução histórica até então:

De 1930 a 1950 os estudos tiveram a principal característica na busca da identificação das necessidades e novas formas de resposta a essas necessidades, principalmente estudos concernentes a aumento da vida útil de peças, estatísticas de frequências de ocorrência, previsões de falhas e instauração de controles de qualidade.

De 1950 a 1960. Conformação de grupos e congressos internacionais, e pesquisas com foco em critérios de medições.

De 1960 a 1975. Surgimento da confiabilidade como disciplina da engenharia. Emergência das novas técnicas de análise aplicadas principalmente aos sistemas de alto risco (principalmente militares).

De 1975 a 1989. Difusão e utilização das técnicas de análises em setores civis e comerciais preocupados com as influências do fator humano.

Os estudos e o uso do termo confiabilidade se desenvolvem de uma maneira bastante importante a partir da década de 1960, principalmente em sistemas de alto risco, devido a três fatores principais ligados a industrialização do trabalho e dos sistemas: *a criticidade crescente das falhas; o custo frequente ligado às falhas e à manutenção; e a complexidade crescente dos sistemas.*

A complexidade se manifesta pelo aumento do tamanho das empresas, pelas rápidas mudanças tecnológicas, a complexidade dos sistemas produtivos e a dificuldade dos projetistas de prever as novas necessidades dos novos sistemas.

A partir da década de sessenta com a aplicação disseminada das técnicas de confiabilidade técnica constatou-se que a melhora na estabilidade dos sistemas obtidos com estas técnicas não se repercutia sobre a confiabilidade global do sistema. Principalmente porque essas técnicas focavam suas análises sobre a confiabilidade técnica de componentes de equipamentos.

Importante para esse período foi o início da operação das usinas nucleares para a produção de energia elétrica e a preocupação com a segurança em suas instalações. Seus sistemas de segurança baseavam-se em análises dos acidentes possíveis de uma forma determinística por meio de regras em uma composição em árvores de falhas (SE, falha; ENTÃO, acidente). A partir dessa composição em árvore de falhas constitui-se uma série de linhas de defesa físicas sucessivas para evitar os acidentes, de modo que a barreira seguinte garanta a segurança, ou diminua a gravidade do acidente, quando a anterior falhe.

Identificada com uma racionalidade técnica, essa abordagem, assim caracterizada pelo paradigma mecanicista da engenharia clássica, tem seus esforços direcionados pelos conceitos de redundância, diversificação, qualidade de equipamentos, principalmente na fase de projeto das situações, onde os procedimentos são escritos de tal maneira a evitar o risco de erro humano, minimizando o papel consciente do indivíduo, cuja principal tarefa é aplicar os procedimentos a risca de modo a manter o sistema operando conforme as especificações técnicas de projeto (CARVALHO, 2007).

O problema passou então a ser considerado como sendo da confiabilidade do homem (*human reliability*), definida como uma extensão da confiabilidade técnica (ROOK, 1962).

Como resultado observou-se a importância do peso dos denominados “erros” humanos, principalmente quando se tratava de sistemas complexos, que passam então a ser considerados como a causa principal das variações e/ou dos disfuncionamentos.

As primeiras estimativas quantitativas de confiabilidade humana foram desenvolvidas, primeiro na indústria química, com o duplo objetivo de – quantificar as probabilidades de erros a fim de estabelecer uma estimativa a priori da confiabilidade humana, e incluir dados concernentes à confiabilidade do operador dentro do cálculo da confiabilidade dos componentes técnicos. Dentre os métodos de avaliação destaca-se pela difusão e utilização o método THERP (*Technique for Human Error Rates Prediction*). Um dos traços principais dessa abordagem é que ela considera essencialmente o homem como uma fonte de não confiabilidade. (NEBOIT, 1990).

Durante esse período, estudos da área da ergonomia focalizam a relação entre confiabilidade e segurança nas organizações (FAVERGE, 1967) e enfatizam o

fato de que o homem é também um agente de confiança (FAVERGE, 1970). Apresentam o homem como único elemento do sistema que adapta seu comportamento às variações eventuais na situação de trabalho. Esta corrente, que desenvolveu-se desde então, argumenta que se o homem comete “erros” isso se deve principalmente porque ele se encontra frente a necessidade de enfrentar uma situação não ideal (de KEYSER, 1982).

Uma outra corrente denominada de “psicológica” desenvolveu seus estudos com o objetivo de compreender os erros. Isso consiste em coletar, descrever, classificar os erros e se possível inferir os mecanismos explicativos de sua gênese. Nessa linha de estudos, a modelização do funcionamento cognitivo do operador transformou-se em uma corrente importante com surgimento de propostas e modelos de interpretação; dentre os mais conhecidos e adotados estão os trabalhos de Rasmussen (1986).

2.2.2 Definições de Confiabilidade Humana

Uma das primeiras definições de confiabilidade humana, proposta por (ROOK, 1962) é *“a probabilidade que um indivíduo conclua com êxito a missão que ele deve realizar dentro de um prazo determinado e sob condições definidas”*. Similar definição é apresentada por Swain e Guttman (1983), em que a confiabilidade humana é a probabilidade de um operador ou equipe concluir o procedimento ou tarefa com sucesso no mínimo tempo exigido, em qualquer estágio na operação de um sistema.

Neste contexto, como a falha é a medida da confiabilidade técnica, a medida do erro humano passa a constituir a medida da confiabilidade do homem. Assim, com base na análise dos vários acidentes de um período onde o operador humano seja fonte das disfunções, procurar reduzi-los, a fim de otimizar a confiabilidade humana, melhorar a segurança e a confiabilidade do sistema.

Observa-se que está implícita a relação de dependência existentes entre o erro humano e fatores de desempenho, como por exemplo, a influência que uma carga de trabalho excessiva exerce no *stress* de um indivíduo (HOLLNAGEL, 1998).

A confiabilidade humana, para alguns estudos de ergonomia, é definida como uma propriedade ou uma qualidade, mensurável em termos de probabilidade ou frequência, de uma entidade ou de um sub-sistema constituído pelo operador (ou um conjunto de operadores), e a tarefa (ou missão): Leplat (1985), refere-se à “*uma capacidade do homem de desempenhar uma função*”; Villermeur (1988), a uma “*aptidão do operador humano para realizar uma missão*” ...requeridos em condições e em um períodos pré determinados. Outros autores utilizam o termo Confiabilidade como sendo uma medida da capacidade em termos de probabilidades de sucesso de um desempenho (SWAIN,1983; PARK,1986); ou de sucesso na realização de uma tarefa (MEISTER,1971; DHILLON,1986; FADIER, 1986); ou de uma missão (NICOLET; CELIER,1985; VILLEMEUR,1988).

Ainda neste mesmo sentido, mas ampliando a abrangência da confiabilidade como propriedade de um sistema, seja operador-tarefa ou operador-sistema, Nicolet e Celier (1985) definiram confiabilidade como a “*Probabilidade que um indivíduo, uma equipe, uma organização humana realize uma missão dentro de dadas condições no interior de limites e condições aceitáveis, durante um certo período*”. Esta definição estende o campo da confiabilidade para limites mais globais e de sistemas, buscando assim dar conta do entendimento da confiabilidade nos sistemas socio-técnicos.

Os críticos dessas visões argumentam que nesse tipo de abordagem o operador é somente visto como um agente de não confiabilidade do sistema e que ao contrário, como argumentam Faverge (1970), Queinee e de Terssac (1987), o operador é um agente da confiabilidade, que por exemplo, através de sua variabilidade de reações é que ele consegue contornar os possíveis flutuações dos sistemas e corresponder às exigências da sua tarefa.

Seguindo o mesmo conceito buscando evidenciar que a confiabilidade humana não é apenas a expressão de uma propriedade intrínseca do homem, Leplat e de Terssac (1989), argumentam que a confiabilidade humana como resultado da interação operador-tarefa, depende da qualidade do acoplamento entre as competências do operador e o trabalho solicitado dentro das condições apresentadas, que “*O homem não é redutível a um fator de degradação da confiabilidade de um sistema: é também um fator para a sua melhoria, especialmente no desenvolvimento e implementação de novas soluções*”.

Os autores dessa corrente de pensamento propõe que confiabilidade humana seja definida enquanto uma disciplina, como o estudo dos fatores (formas de execução e desenvolvimento de competências) específicos para a melhoria da qualidade do acoplamento entre os homens e as tarefas. Sendo que esses fatores constituem-se não somente fatores de não confiabilidade mas também fatores de confiabilidade do sistema homem-tarefa.

2.2.3 Métodos de análise de confiabilidade humana

Destacada importância se dá à análise crítica de instrumentos de avaliação e diagnóstico de confiabilidade humana. Os artigos mais citados de Kirwan (1992a, 1992b, 1996), por exemplo, dedicam-se a análise e comparação de métodos.

Alguns autores classificam esses métodos em primeira e segunda geração (MOSLEH; CHANG, 2004; REER, 2008; STANTON et al., 2009).

Para Reer (2008), a primeira geração de métodos tinha como objetivo a avaliação quantitativa de uma determinada tarefa ou de erro, na qual é enfatizando o cenário nominal. O autor exemplifica com a avaliação de uma tarefa de decisão baseada na leitura de um *display*, que é geralmente conduzido por pressupostos, tais como a disponibilidade dos instrumentos necessários, e a adequação dos procedimentos e do treinamento no que diz respeito à implicação dos parâmetros apresentados, os quais representam o contexto nominal no cenário analisado. Em consequência, os questionários de avaliação (*assessment*) dos métodos são desenvolvidos para um contexto nominal específico, vários deles tiveram foco inicial em usina nuclear. Por exemplo, o método de Previsão e Redução Sistemática do Erro Humano (*Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach*), conhecido pela sigla SHERPA, um dos mais utilizados, foi originalmente desenvolvido para uso na indústria de reprocessamento nuclear, e posteriormente aplicado em vários domínios (STANTON et al., 2009).

Entre esses modelos, um dos mais populares é THERP, mencionado anteriormente. Assim como os demais métodos dessa geração, ele é baseado em árvores de eventos que é provavelmente o método mais conhecido entre os de primeira geração (HOLLNAGEL, 1998; KIRWAN, 1992a, 1992b). Através do uso do banco de dados fornecido pela THERP é possível estimar as probabilidades de erro e sucesso de cada ação, que é representada por um nó na árvore de eventos,

seguida de ramificações que representam o erro ou sucesso do operador em executar esta ação (HOLLNAGEL, 1998).

Segundo Mosleh e Chang (2004) vários aspectos motivaram o surgimento da segunda geração de métodos. Para os autores, os métodos não fornecem uma base convincente para as probabilidades de erro e há lacunas na fundamentação teórica para os processos de quantificação, bem como limitação dos dados experimentais usadas por algumas metodologias. Os métodos também não fornecem um retrato causal do erro do operador, o que é fundamental quando se deseja tomar medidas para reduzir as probabilidades de erro. Além disso, os métodos não são suficientemente estruturados para evitar a variabilidade significativa dos resultados gerados de analista para analista. Já para Menezes e Droguett (2007) as principais deficiências são as dificuldades encontradas em modelar ações humanas via árvores binárias de eventos, e o fato de não considerar a dependência entre eventos e os fatores de desempenho.

Dentre os métodos de primeira geração, alguns são analisados criticamente por Kirwan (1992a, 1992b, 1996), tais como: *Technique for human error rate prediction (THERP)*, *Hazard and operability study (HAZOP)*, *Skill, rule and knowledge model (SRK)* e *Systematic human error reduction and prediction approach (SHERPA)*.

O desenvolvimento da segunda geração de métodos tem ocorrido ao longo de duas tendências paralelas de acordo com Mosleh e Chang (2004). A primeira tenta melhorar as bases empíricas e as estimativas a partir da abordagem clássica da primeira geração. Já a segunda reflete o deslocamento do ponto de vista estático, orientado ao *hardware*, para um modelo dinâmico, com implicações na modelagem dos métodos.

Alguns métodos classificados como de segunda geração estão: *A Technique for Human Event Analysis (ATHEANA)*, *Méthode d'Évaluation de la Réalisation des Missions Opérateur pour la Sûreté (MERMOS)* e *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)*.

2.2.4 Ergonomia, Confiabilidade Humana e Mudanças no Ambiente de Trabalho.

O desenvolvimento e implantação de novos produtos e sistemas tecnológicos demanda reflexão sobre o processo de mudanças dentro do ambiente de trabalho, sejam transformações em situações já existentes, sejam em termos de inovações, seus métodos, suas características, bem como as interfaces, relações e consequências dessas mudanças para o estudo da confiabilidade humana e da ergonomia, temas desse trabalho.

As mudanças e inovações tecnológicas implementadas pelas empresas, seguindo uma tendência no uso de processos de informação e controle computadorizados de equipamentos e parâmetros de controle de produção, geralmente tem produzido uma melhoria nos processos de manutenção e resiliência de *hardware*, entretanto não tem conseguido atingir os correspondentes benefícios potenciais na área de operação desses sistemas.

A automação tem gerado a introdução de novos e diferentes tipos de erros e falhas de concepção e operação na interface de interação dos operadores com sistemas industriais complexos. Tomala e Senechal (2004) alertam que a mudança mesmo que bem gerenciada, inevitavelmente provoca o aparecimento de novos problemas, que podem originar reações em cadeia por toda a empresa, com os consequentes efeitos nos sistemas de produção, logística, administração, informação, fluxos, vendas, serviços contábeis e financeiros

O gerenciamento e desenvolvimento da capacidade e dos processos de implementação de inovação das empresas, atualmente, supera a importância que representavam, até algum tempo atrás, otimizações na redução de custos, padrões e critérios de qualidade para a competitividade.

Um dos aspectos apresentados em estudos para se gerenciar um processo de inovação é incorporar uma nova forma de pensar para implementar inovação. Para gerenciar um projeto de desenvolvimento e implantação de inovação seria necessário saber: quem são os atores envolvidos na inovação, como a equipe de inovação é organizada, qual a estrutura e o quadro no qual o projeto se desenvolve (TOMALA; SÉNÉCHAL, 2003). Portanto, a utilização do método de análise

ergonômica do trabalho (AET) pode contribuir fortemente para o desenvolvimento e gerenciamento de processos de inovação nas empresas.

Vários estudos descrevem e avaliam experiências de inovação com diversos métodos de ergonomia em várias áreas, tais como: desenvolvimento de produtos, postos de trabalho eficientes, aceitação de produtos (ANDERSSON, 1985; IMADA, 2005), mudanças organizacionais (ZINK, 2008), mudanças ambientais, saúde e segurança do trabalho, (KOGI, 2006; RIVILIS, 2008). Corroboram dessa visão Khazanchi . (2007), que apresentam estudos propondo que a cultura organizacional pode prover um quadro panorâmico de todas as áreas, e alinhar o ambiente dos empregados com os objetivos organizacionais de inovação que encontram demandas paradoxais de controle e flexibilidade.

A bibliografia consultada também demonstra a importância fundamental da forma de condução do processo de inovação tecnológica nas empresas, desde a identificação do tipo de inovação necessária ou possível, o seu desenvolvimento e concepção, e o gerenciamento do processo de implantação; mostra que a inovação é um processo sócio-técnico que atravessa todas as fronteiras das áreas funcionais da empresa com envolvimento de recursos técnicos, pessoas, equipamentos, recursos financeiros, conhecimentos e habilidades.

Nas seções anteriores já foram apresentadas as conclusões e relativizações que devem ser feitas a respeito das mudanças surgidas a partir da redefinição da divisão do trabalho na indústria petroquímicas e suas consequências para o desenvolvimento das competências e qualificações dos trabalhadores. (CARRION 1998; FARIA, 1995 *apud* ARAÚJO, 2001)

Konttogiannis (1997), em uma perspectiva clássica, atribui esse fato de incompatibilidades e novas exigências ao distanciamento da observação de fatores humanos e da ausência de participação dos usuários desde o início do projeto, e discutem uma abordagem centrada no usuário para incrementar a operabilidade e a aceitação de novas tecnologias e práticas de trabalho.

Diversos autores advertiram sobre inúmeros problemas da automação relativos à deterioração das habilidades, decréscimos de vigilância, incremento da carga de trabalho em sistemas de monitoração automatizados e falhas de equipamentos automáticos (BAINBRIDGE, 1987; BLACKER; BROWN, 1987; ALGERA, 1989).

O ponto fundamental desses estudos é demonstrar que a fonte dos problemas dessas transformações do ambiente de trabalho é a maneira como esses sistemas são planejados, introduzidos e gerenciados. Na maioria das oportunidades, a principal justificativa para a introdução de uma inovação refere-se à tecnologia por si mesma, ou seja, a aquisição do sistema técnico considerado mais atual, sem nenhuma consideração consistente a respeito de como contemplar os operadores em suas atividades.

Shorrock . (2001) alertam que devem ser feitos esforços para gerenciar os erros humanos na fase de projeto, antes que eles se manifestam como incidentes em sistemas operacionais e sugerem uma abordagem de avaliação de erro humano no contexto de projeto de sistema e desenvolvimento do ciclo de vida (*System Design and Development Lifecycle* - SDDLG). A tecnologia não é a única opção com a qual problemas emergentes podem ser tratados, assim é necessário que os designers ou grupo de pessoas encarregadas das transformações desenvolvam uma visão global do sistema, redes de pessoas, práticas e tecnologias, que fazem parte de determinados contextos organizacionais.

É preciso tentar entender a realização do trabalho dentro de seu contexto, e testar as transformações e inovações em situações reais em vez de situações de laboratório, com ambiente controlado. Uma construção de um processo de inovação onde ocorra a confrontação dos conhecimentos dos designers da inovação e o do seu usuário final (GARRIGOU *et al.*, 1995).

Conseqüentemente para dar respostas às necessidades antigas, presentes ainda nos sistemas que permanecem na área de trabalho, e às novas, impostas pelas transformações nas tarefas que resultam em interferência na sua execução das atividades, ocorre uma organização do trabalho que é construída pelos próprios trabalhadores baseada em suas competências, auto definidas e assim percebidas, a qual se distancia da organização prescrita.

2.2.5 Evolução e tendências

Inicialmente as pesquisas e trabalhos com enfoque sobre o erro humano, sua definição, classificação, caracterização de mecanismos de ocorrência e diversos estudos para o entendimento do seu mecanismo de ocorrência, seus aspectos psicológicos e investigações sobre cargas cognitivas características humanas, basicamente procurando entender quais os fatores presentes na construção do erro humano a partir do entendimento da constituição e da conduta das pessoas e o que as determinavam (PERROW, 1984a, WISNER, 1989, REASON, 1990).

Outro campo que se desenvolveu foi o da construção de instrumentos que pudessem, de alguma forma, prever ou medir a probabilidade da ocorrência dos erros, ou por outro lado, medir o quanto confiável era um sistema, através da aplicação dos conhecimentos estatísticos sobre a ocorrência de erros. A evolução da construção desses instrumentos foi envolvendo os conhecimentos de outras disciplinas como psicologia, sociologia, fisiologia e ergonomia na busca de tornar os sistemas confiáveis através da aplicação desses instrumentos, e que eles pudessem determinar e prever o nível de segurança e confiabilidade de determinada situação ou sistema (KIRWAN, 1992a, 1992b; BABER; STANTON, 1996)

Segundo Sharit (1999), como os métodos de confiabilidade em engenharia foram desenvolvidos antes dos métodos de análise de confiabilidade humana (*human reliability assessments* - HRA), as abordagens com relação ao risco tendiam a enfatizar as probabilidades computacionais do erro humano.

Os métodos mais convencionais que se estabeleceram para a análise da confiabilidade humana compunham sistemas probabilísticos de segurança (*probabilistic safety assessments* - PSA) e técnicas de identificação do erro humano (*human error identification* - HEI), já mencionados na seção introdutória dessa dissertação.

Outras metodologias e técnicas buscavam, através da análise da tarefa, a identificação de pontos onde erros, problemas, ou confusões poderiam ocorrer para eliminar o distanciamento em termos de clareza, consistência e sequência lógica da tarefa na interação do homem com os sistemas e produtos (JOICE; HANNA; CUSCHIERI, 1998). Outros estudos argumentavam que a única forma racional e efetiva de lidar com confiabilidade humana e sistemas confiáveis era o

desenvolvimento de amplos sistemas domésticos (*in-house*) envolvendo a participação organizacional e individual de tal sorte que parecesse parte das atividades em toda a operação (WILSON, 1994).

Enfim, um amplo espectro de conhecimentos e debates foi construído buscando entender a complexidade e a predição do erro humano indo desde simples classificações dos erros até sofisticados pacotes de softwares baseados nas performances humanas e métodos de simulação, bem como uma coleção de ideias e conceitos psicológicos

As abordagens dos estudos, em determinados momentos de sua evolução, se contrapõem, e às vezes se compõem em abordagens híbridas, na discussão sobre o foco principal da análise, implantação e manutenção da confiabilidade de sistemas, ou seja, na consideração se os fatores determinantes da ocorrência do erro e falhas seriam os fatores humanos psicológicos, fisiológicos, (OKOGBAA, 1994), mecanismos sociológicos ou organizacionais (HELFRICH, 1999). Portanto, se o foco principal de ação seria sobre os mecanismos de funcionamento das pessoas ou das organizações, ou ainda se simplesmente tratava-se de uma abordagem quantitativa ou qualitativa (MEISTER, 1964, ADAMS, 1982).

O desenvolvimento da prática e dos estudos com as suas diversas abordagens e interações na busca de garantir a confiabilidade dos sistemas obteve sucesso e evoluiu na manutenção de sistemas confiáveis principalmente em sistemas considerados mais perigosos como usinas nucleares, refinarias, controle de tráfego aéreo, que se tornaram os focos principais de análises e experiências descritas sobre temas como: análise dos acidentes, atividades dos trabalhadores, construção, aplicação e validação de instrumentos e técnicas para estabelecimento de níveis de confiabilidade, (ALMABERTI, 2007; PEW 2008).

Entretanto, o desenvolvimento das empresas, da competitividade internacional e das mudanças organizacionais (flexibilização, altos níveis de qualidade, alta capacidade de inovação), aliadas a uma mudança da sociedade quanto à observação e exigência dos níveis de confiabilidade das indústrias e produtos, inclusive com preocupações ambientais e ecológicas; passaram a exigir maior grau de confiabilidade nos sistemas de produção e dos seus produtos, tornando-se a confiabilidade possuidora de uma abrangência e caráter social. Almaberti (2007, p 237) sintetiza muito bem a situação de dificuldade para a evolução e renovação da prática e dos estudos sobre confiabilidade, pois: "*Melhorar*

um sistema já muito seguro é sempre mais difícil do que melhorar um sistema pouco seguro”.

Atualmente duas tendências são verificadas nos estudos frente a essas novas exigências:

a) um aprimoramento das formas de construção dos instrumentos de confiabilidade buscando entender e considerar mais profundamente fatores qualitativos e contextos organizacionais e de grupos e seus efeitos sobre a confiabilidade humana desenvolvendo as bases para uma nova geração dos modelos de análise de confiabilidade humana (HRA) e avaliação de risco (MOSLEH; CHANG, 2004; BERTOLINI, 2007), e

b) uma mudança de enfoque na mentalidade e no conceito a respeito de confiabilidade humana que privilegie o entendimento de um modelo de compreensão do domínio seguro das situações, onde o erro não é uma variável essencial da regulação desse domínio da situação; é apenas uma variável acessória (WILSON, 1994; ALMABERTI, 2007).

Outra vertente que tem surgido é a aproximação das discussões sobre confiabilidade humana e a engenharia de resiliência. Os trabalhos de Shorrock et al. (2001), sobre confiabilidade humana na gestão do tráfego aéreo e de Wilson et al. (2009) no contexto de engenharia de sistemas ferroviários, sugerem essa aproximação.

Para Wilson et al. (2009) grande parte dos trabalhos publicados sobre fatores humanos em situações de risco estão preocupados com a previsão e análise de erro humano e com a avaliação da confiabilidade humana. Por outro lado, as contribuições de fatores humanos para a compreensão e gestão conjunta de questões amplas de segurança e questões gerais de produção e/ou performance tem sido negligenciada. Os autores salientam o papel fundamental da ergonomia em mediar os *trade-offs* entre segurança e produção, e destacam relevância potencial da engenharia de resiliência no contexto de sistemas complexos (WILSON et al., 2009).

Para Wreathall (2006) uma organização resiliente é aquela capaz de definir, caracterizar e modular suas respostas às perturbações que sofrem, de tal forma a minimizar as possíveis seqüelas e evitar que a organização fique sem opções viáveis de ação.

Observa-se através do levantamento bibliográfico e relatos de estudo de casos a existência de diferentes abordagens com diferentes entendimentos a respeito dos elementos constituintes e da forma de gestão de confiabilidade humana de um sistema.

Uma abordagem de confiabilidade possui uma visão da relação das pessoas com seu trabalho onde a garantia da confiabilidade da atividade humana junto aos sistemas está condicionada à estrita observação dos procedimentos e objetivos traçados previamente nos planos de realização das tarefas. Nesta concepção quando o sistema entra em falha é muito frequente a referência ao conceito de um erro humano, sendo este atribuído à última pessoa que desempenhou um papel na produção do acidente ou incidente.

Outra abordagem, contextualizada em um entendimento que se propõe mais amplo do universo do trabalho, entende que o trabalho é definido pelo homem e a técnica é concebida por ele, portanto, é também na concepção de sistemas e das suas regras de funcionamento que devem ser procuradas as fontes das falhas de confiabilidade.

Quase como um seguimento ou conseqüência na evolução da abordagem anterior estudos indicam que para se entender e gerir confiabilidade humana é necessário um envolvimento e reflexão global sobre as situações, questionando as primeiras abordagens com questões como: Podem as ações do operador se dar de forma isolada de um contexto de trabalho característico do local onde elas se desenvolvem? Podem ser desconsideradas as influências das características de funcionamento fisiológico, cognitivo, de formação e capacitação de cada operador naquela situação? A forma como a situação de trabalho foi concebida, os meios técnicos, os procedimentos, as regras de funcionamento, as informações foram planejadas de forma a propiciar um sistema confiável?

Essa última tendência se apresenta como uma concepção mais positiva do papel do homem como sendo ele um agente de confiabilidade, sendo ele o elemento capaz de variar seu grau de contribuição combinando os comandos das instruções e elaborando novos procedimentos frente às necessidades de resolução de problemas, inclusive para situações que não foram elaboradas, além disso, tendo a capacidade de agir em um coletivo e compartilhar seus conhecimentos e suas habilidades.

A crítica recorrente aos estudos baseados na primeira concepção é tratar a confiabilidade humana com a mesma perspectiva e modelos da confiabilidade técnica, (aquela aplicada principalmente a manutenção de equipamentos e componentes), vendo muito exclusivamente os seres humanos como fonte de erro, de não confiabilidade, sendo o conceito de fiabilidade centrado na eficácia entendida essencialmente como a operação sem erros.

3 RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO

Este capítulo apresenta os resultados da pesquisa de campo realizada, detalhando o contexto organizacional e seguindo as etapas da análise ergonômica do trabalho.

3.1 A Empresa estudada

De acordo com a *Petroleum Intelligence Weekly*, a empresa estudada está entre a dez maiores companhias no setor *downstream* - refino, transporte e comercialização. O termo *downstream*, está ligado à boa parte da estrutura operacional da empresa estudada, composta de quatorze refinarias, no Brasil, Estados Unidos e Argentina. No Brasil são onze refinarias com capacidade de produzir 1986 mil bpd, duas fábricas de fertilizantes, uma fábrica de Xisto, extensão total de dutos de 31.089 km, 44 terminais, bases e 50 navios (frota própria).

Na década de oitenta, com o fim do protecionismo estatal e num contexto de globalização, a empresa estudada sofreu significativas mudanças.

Ocorreu a abertura do controle acionário da empresa, no bojo de um grande programa do governo, que se refletiu em sua estrutura organizacional, nas estratégias de mercado, na base tecnológica, na organização da produção e nas relações industriais.

Houve também a necessidade de aprofundar a modernização tecnológica da empresa principalmente no que se refere à tecnologia de processo e de controle de processo, fazendo frente à obsolescência da instrumentação pneumática que estava provocando estrangulamentos por falta de peças de reposição, e adequação dos produtos às novas exigências e padrões internacionais de meio ambiente. Essa modernização deu-se basicamente através da importação de pacotes tecnológicos direcionados à capacitação tecnológica local o que permitiu o desenvolvimento de pequenas inovações visando aumento na capacidade de produção e capacidade nominal, e a eficiência no consumo de matéria prima e energia.

Os investimentos centraram-se no aprimoramento das tecnologias de controle de processo, em especial SDCD, no âmbito estratégico para assegurar o rendimento global das instalações e, em consequência, o aumento da produtividade.

As novas tecnologias tiveram maior repercussão, com ampla incorporação da microeletrônica, substituindo os antigos instrumentos mecânicos e pneumáticos de medição e controle. A forma mais disseminada foi o Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD).

De maneira geral no setor, viu-se uma difusão rápida de instrumentos de base eletrônica e dos SDCDs, que atingiu todas as suas potencialidades ao final da década de 90 (GUIMARÃES, 1998), quando a modernização passa a ter um caráter mais abrangente com a implantação de programas de controle avançado e de otimização on line, incluindo intensa automação dos laboratórios e das tarefas de campo. Essas mudanças tecnológicas se desenvolveram com diferentes intensidades entre as diversas unidades produtivas e internamente a estas unidades, em seus setores de produção, constituindo um ambiente com um amálgama de tecnologias de distintas idades e princípios de funcionamento que tem sido assunto de vários estudos. (CASTRO; GUIMARÃES, 1991; CARVALHO, 1993; GUIMARÃES 1998).

Nesse cenário, para se manter tecnologicamente atualizada, a Empresa aprimora constantemente suas atividades de *downstream*, procurando atender ao crescimento do mercado nacional de derivados, às exigências de qualidade dos combustíveis, à segurança do homem, às possibilidades de exportação e aos cuidados com o meio ambiente.

A Empresa sofreu, portanto, uma profunda reestruturação dos processos produtivos da empresa sob análise, com impactos diferenciados no conteúdo do trabalho ao longo do processo devido às diferentes idades tecnológicas e complexidade em cada unidade de produção, localizadas em diferentes áreas do país. Essa reestruturação produtiva impactou a divisão de trabalho, as demandas de conhecimentos e habilidades e os comportamentos exigidos aos operadores.

3.1.1 A Refinaria e a abordagem de ação

A pesquisa de campo foi desenvolvida em uma das onze refinarias da empresa estudada. Essa unidade de análise passará a ser denominada de Refinaria.

Especial atenção foi dada à necessidade de reformulação do painel digital de uma turbo bomba, implantado na linha de produção da Refinaria durante o projeto de automação do processo e mudança para um Sistema Digitalizado de Controle Distribuído (SDCD), pois motiva a reflexão sobre a forma como tem sido realizada a concepção dos equipamentos e a implantação de inovações tecnológicas na linha de produção.

A pesquisa foi desenvolvida no bojo da implantação de um programa de ações de ergonomia que inclui aspectos de tratamento de informação, confiabilidade humana, análise de acidentes pessoais, concepção de ambientes de trabalho e formação de trabalhadores.

A turbo bomba analisada faz parte do conjunto de bombas de alimentação de água para as caldeiras geradoras de vapor (GV), conforme ilustra a Figura 5. O vapor gerado além de se distribuir em linhas de diferentes pressões para uso na produção, movimenta os turbo geradores (TG) responsáveis pela maior parte da energia elétrica consumida na refinaria. São quatro bombas instaladas: duas turbo bombas, (turbinas), e duas moto bombas (bombas). Em situação de normalidade, operam uma turbina e uma moto-bomba, ficando as outras disponíveis; sendo uma em controle local (botoeira no campo), e outra em controle remoto, elegíveis pelo operador de painel do SDCD. Uma falha nesse sistema leva ao colapso das demais áreas de produção da planta dependentes da energia e vapor produzidos nesta área. Uma série de ocorrências desta natureza foram as geradoras da demanda inicial, explicitada pela coordenação de confiabilidade, subordinada à gerência de engenharia da Refinaria.

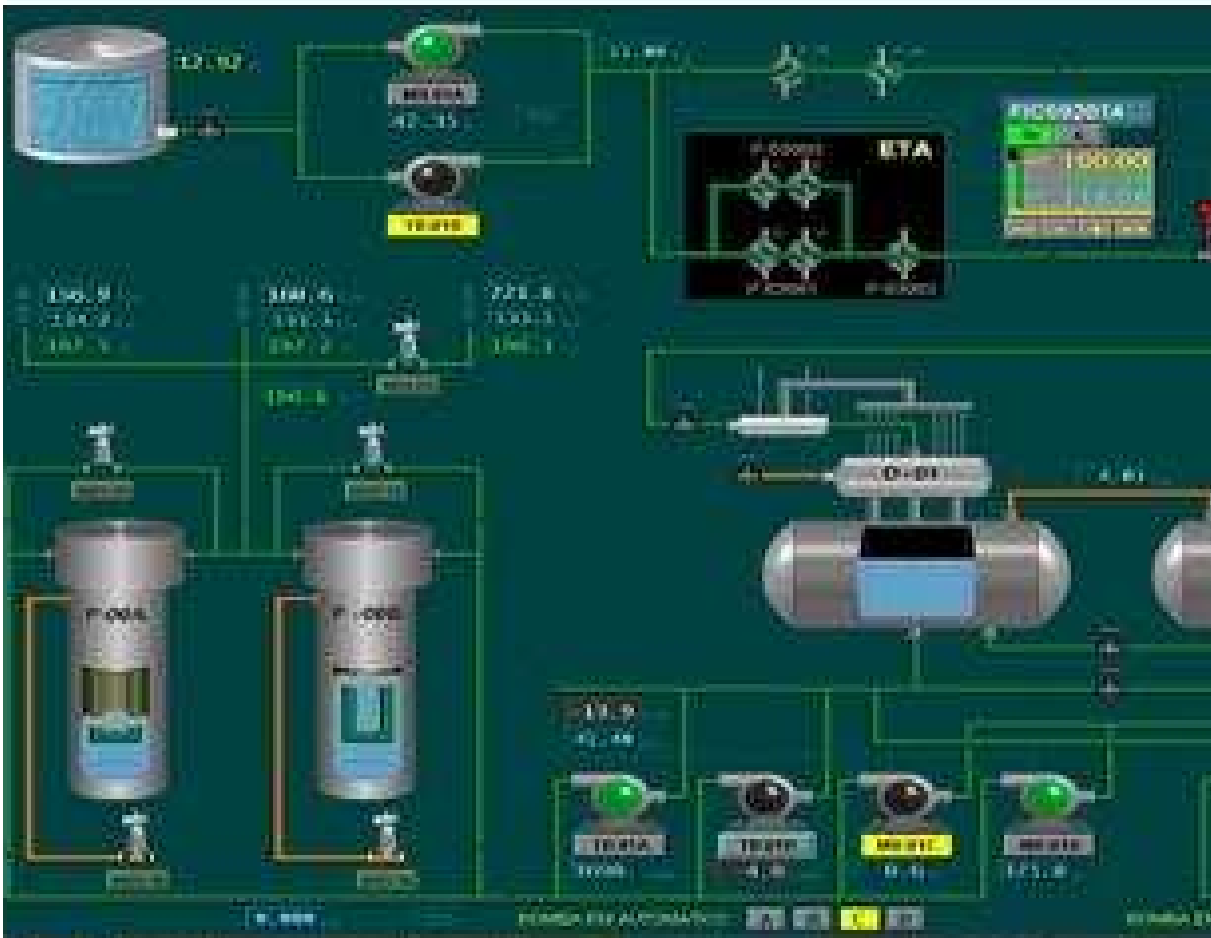


Figura 5 - Sistema de geração de vapor onde atua a turbo bomba.

Fonte: Imagem extraída do painel do SDCD pelo autor.

Para a realização dessa pesquisa envolveu-se uma equipe multiprofissional com formação em ergonomia (fisioterapeuta, engenheiro de produção, engenheiro mecânico), e participação de representantes de diversas áreas e diferentes funções na empresa (técnicos operadores de campo, operadores de painel, supervisores, técnicos de manutenção, engenheiros de equipamentos, engenheiros de processo, técnicos de segurança do trabalho).

A situação de trabalho, temas relacionados à confiabilidade humana, análise ergonômica, ambientes de trabalho, assim como os relatórios parciais, pré-diagnósticos, diagnósticos e propostas de intervenção foram discutidas em reuniões com os participantes.

O paradigma tomado como referência para a questão é o da ação de colaboração interdisciplinar na construção de um resultado, ou seja, a interdisciplinaridade multiprofissional se dá onde trabalham todos no mesmo canal

que origina um delta de resultados, saindo todos renovados em termos de aprendizado e novas habilidades.

Utilizou-se a AET como método para a compreensão e produção de um diagnóstico da situação e para a proposição conceitual de solução, visando a construção de uma nova configuração para a interface do sistema, conforme proposto por Guérin, (1991) e Wisner (1987), cuja síntese e principais pressupostos estão apresentados no Capítulo 2.

O trabalho dos operadores de campo foi observado, acompanhado e registrado em diferentes turnos, por toda a extensão e composição da área sob sua responsabilidade. Foram realizadas várias simulações de operação, do painel e equipamento, objetos do estudo, por operadores de diferentes turnos e tempo na função.

Resumidamente o estudo de campo foi realizado, observando-se o ciclo de pesquisa ação segundo Coughlan e Coughlan, (2002), e o método de análise de situações de trabalho através dos seguintes passos:

- Pesquisas sobre o tema;
- Reuniões com os trabalhadores para apresentação do projeto, esclarecimento de objetivos e dos métodos do nosso trabalho;
- Acompanhamentos das rotinas de trabalho no ambiente;
- Simulações de manobras sobre o equipamento.
- Observações do ambiente e das atividades em diversos horários e turnos;
- Entrevistas informais;
- Coleta de vídeos;
- Captura de imagens e sistematização de informações em softwares;
- Registro e análise através do EWA. (*Ergonomic Workplace Analysis*).

O EWA é um instrumento elaborado por Ahonem et al. (1989), pesquisadores do Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional (*Finnish Institute of Occupational Health*). Esse instrumento de análise surge no contexto de uma incidência crescente de doenças ocupacionais, que preocupou o governo finlandês e motivou a lei de higiene ocupacional, naquele país. A sistematização das informações de um posto de trabalho seguindo essa ferramenta oferece uma estrutura que permite a avaliação das condições de trabalho nesse posto.

Foram realizados recortes para aprofundamento de análise quando determinada situação era percebida ou indicada como de maior necessidade de detalhamento de investigação. Para toda a área de trabalho foram realizadas as seguintes etapas: caracterização geral, descrição da organização de trabalho, descrição do processo produtivo, descrição do produto e análise das atividades desenvolvidas. O registro de dados e descrições foi feito em software, com a aplicação do EWA.

Foram investigados e avaliados diversos fatores relativos ao ambiente de trabalho: ambiência física; comunicação, informação, contexto e ocasião de errar; o conceito da informação; apresentação da informação; e suficiência da informação. Também foram investigados riscos presentes na atividade: espaço de trabalho; atividade física geral, levantamento, carregamento e aplicação de força; posturas de trabalho e movimentos; ferramentas manuais e outros equipamentos; cargas cognitivas; cargas organizacionais e repetitividade; e risco de acidente.

3.2 A análise da demanda

A Empresa abastece quase toda a necessidade do mercado brasileiro por derivados de petróleo - cerca de 1.847 mil barris por dia - bpd de petróleo e LGN 370 mil barris de gás natural.

Além do objetivo de aumentar sua capacidade de produção, de modo a atender a crescente demanda por derivados, a Empresa precisa enfrentar outro desafio: adaptar suas refinarias de modo a aumentar a taxa de conversão de diferentes tipos de óleo, dentro da estrutura de processamento existente, eliminando, assim, a dependência da importação. Para isso desenvolve programas e projetos de modernização como o Programa para o Desenvolvimento de Tecnologias Estratégicas para o Refino (PROTER) e projetos como o de Conversão Catalítica Fluida para Resíduos Pesados (FCCHR), que visa transformar resíduos pesados, de baixo valor, em produtos que têm grande demanda no mercado brasileiro, como o óleo diesel, gasolina e gás liquefeito de petróleo, buscando assegurar, assim, lucratividade a um setor que, em todo o mundo, opera com baixas margens de lucro.

Dentro desse quadro de mudanças tecnológicas e de processos, implantados em uma de suas refinarias, o grupo de Análise de Confiabilidade de Equipamentos e Sistemas Complexos de Partida e Parada, – Interface Homem Máquina dessa refinaria, solicitou apoio da equipe de ergonomia para análise e elaboração de soluções para os equipamentos da unidade, especificamente para os equipamentos classificados e denominados pelo grupo de confiabilidade como pertencentes a uma “categoria de interface homem/máquina complexa”.

A coordenação de confiabilidade da Refinaria indicou, dentre um rol de equipamentos apresentados e classificados como “*Equipamentos e Sistemas Complexos de Partida e Parada – Interface Homem/Máquina*”, que o início do estudo fosse pela área de óleo, turbo bombas, painéis elétricos, e parque de bombas e clarificação do sistema de Produção de Energia (PR/ER), especificamente uma análise sobre as turbo bombas TB59201AB de alimentação das caldeiras de Geração de Vapor (GV).

Segundo a coordenação do grupo de confiabilidade a indicação desse equipamento baseou-se em ocorrências de falhas de operação classificadas pelo grupo como “falha humana na operação”. Atribuía importância ao equipamento devido ao seu papel determinante no sistema de geração de vapor utilizado para aquecimento de equipamentos e principalmente movimentação das turbinas geradoras de energia para toda a Refinaria, conforme declaração:

“A queda dessas bombas vai num dominó derrubando as áreas, pois a operação do painel vai tendo de selecionar de onde cortar a energia ou o vapor, se demorar muito na recuperação delas cai toda a produção!” (fala de um engenheiro do grupo de confiabilidade).

Segundo as anotações de ata de reunião do grupo de confiabilidade o objetivo do estudo seria “*analisar a interface homem-máquina das TB-59201 A/B, cuja operação é classificada como crítica e complexa, visando aspectos que aumentem a confiabilidade humana do sistema*”. O grupo para acompanhamento da análise, junto ao grupo de ergonomia, ficou composto por um engenheiro junior, um operador Técnico Operacional III (TO) com 20 anos de experiência na produção, ambos do grupo de confiabilidade, e como contato na área um técnico operacional (Supervisor) da área de PR/ER.

Após visita inicial para reconhecimento da situação em estudo e primeiras conversas e trocas de informação com os operadores da área de energia, verificou-

se que a atuação de cada operador era determinada por uma distribuição física na área industrial e que a sua rotina diária envolvia a ação e conhecimento a respeito de diferentes sistemas de processamento de diferentes produtos, sendo baseado em uma comunicação constante com os demais operadores de toda a PR/ER e dos painéis de SDCD, além da atuação sobre controles e leituras em diversos equipamentos e instrumentos dos diferentes sistemas presentes na área sob sua responsabilidade.

A partir da apresentação e discussão das informações obtidas na visita inicial no grupo de confiabilidade ficou evidente a todos que a operação da TB não se dava de forma isolada, mas dentro de todo um contexto determinante das condições de sua operação. Ficou evidente então, a necessidade de um novo enfoque na análise: ampliar a abordagem para um estudo envolvendo toda a rotina diária do operador já que a TB estava inserida na área de óleo, turbo bombas, painéis elétricos, parque de bombas e clarificação. Segundo o técnico de operação do grupo: "...O tamanho da demanda passou a ter o tamanho do *checklist* do operador,...".(risos).

3.3 Análise da Tarefa

3.3.1 O Processo de Produção

A unidade de negócio estudada iniciou sua operação em 24 de março de 1980, com capacidade nominal de processamento de 30.000 m³/dia (189.000 barris/dia) de petróleo. Passou por Revamps, (termo técnico de engenharia que se refere a atualizações, modernização e grande manutenção), em 1988, 1992 e 1997. Atualmente, essa Refinaria é uma das maiores a do país, com capacidade de processar 40.000 m³/d (252.000 barris/dia), equivalente a 14% da produção nacional de derivados de petróleo.

Com capacidade para processar 100% petróleo nacional, processa atualmente um *mix* que varia de 80 a 90% de petróleo nacional e o restante de petróleo importado.

A Refinaria é classificada pela sua gerência, como de baixa complexidade, baixo custo de operação e alta produtividade, que se destaca pela localização geográfica, às margens de uma das principais rodovias do país com acesso fácil

para São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e ao Porto de São Sebastião, litoral norte Paulista, principais centros consumidores, tornando os custos logísticos mais baixos.

As companhias distribuidoras solicitam os derivados de petróleo e a empresa elabora o plano de produção para as unidades de negócio de São Paulo em consonância com a capacidade de produção e com os processos internos destas unidades de negócio. Opera a cadeia de suprimentos, aloca petróleo, derivados de petróleo importados ou remaneja derivados entre as unidades de negócio para atender a demanda do mercado.

A partir da demanda prevista gera um plano de suprimento de derivados para a área de São Paulo. A quantidade de produtos a ser ofertada pelas refinarias de São Paulo está referenciada neste plano, que é a programação consolidada entre as refinarias, para atender a demanda do mercado.

A Refinaria estudada possui geração própria de energia elétrica e produz aproximadamente 80% de suas necessidades. O complemento necessário ao funcionamento das suas instalações é adquirido da Bandeirante Energia S.A. (EBE).

A demanda estudada situa-se dentro do subprocesso de utilidades dessa unidade de negócio, no sistema de Produção de Energia (PR/ER), no subsistema de geração de vapor cujo detalhamento é apresentado na tabela 1, a seguir.

Tabela 1 - Detalhamento do Subprocesso Utilidades.

INTERFACES DE ENTRADA		ATIVIDADES		INTERFACES DE SAÍDA	
Fornecedor	Insumo			Cliente	Produto
<ul style="list-style-type: none"> • Concessionárias estaduais; • Produção • Transferência e Estocagem • Mantém a disponibilidade Operacional • Apóia a Gestão da Unidade • Apóia as atividades operacionais 	<ul style="list-style-type: none"> • Água bruta • energia elétrica; • Gás combustível; • Gás natural • Produtos químicos; • Vapor; • Óleo combustível. • Estratégia • Diretrizes • Planejamento e execução de manutenção • Equipamentos, produtos químicos e serviços • Orientações e serviços • Disseminação de melhores práticas • Bens e serviços operacionais 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Atende as demandas de unidades de processo; 2. Implementa a otimização do sistema termelétrico; 3. Elabora plano de rejeição de cargas elétricas e térmicas; 4. Fiscaliza contratos de compra e de venda de utilidades; 5. Gera informações para o plano de paradas; 6. Solicita e apóia manutenção; 7. Propõe melhorias no processo; 8. Acompanha as condições operacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção • Transpetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Água tratada; • Vapor; • Energia elétrica; • Ar comprimido. 	

Fonte: Sistema Integrado de Padronização Eletrônica da Empresa.

3.3.2 Subsistema de Geração de Vapor

O subsistema de Geração de Vapor (GV) do setor de energia tem por finalidade produzir vapor para uso interno e nas demais unidades da Refinaria.

A maioria do vapor produzido é utilizada para acionamento de turbinas de três geradores de 10,0 MW, gerando uma potência nominal de 30,0 MW de energia o que dá status de co-geradora de energia elétrica e participação importante no volume de energia comprada de concessionária fornecedora de energia elétrica consumida na Refinaria. O vapor gerado também é determinante para o aquecimento de equipamentos estáticos (linhas, permutadores, tanques, etc).

Na refinaria há três níveis principais de pressão de vapor, conforme segue:

- 1º Nível: Alta pressão, 102 kgf/cm² a 510°C.
- 2º Nível: Média pressão, 17,5 kgf/cm² 285°C.
- 3º Nível: Baixa Pressão, 3,5kgf/cm² 185°C.

Quatro bombas de alta pressão de água atuam na alimentação de caldeira Geradora de Vapor (GV-59201 A/B) (ver Figura 6). Cada caldeira, tipo VU-60 de circulação natural, utiliza óleo combustível ou gás combustível ou ambos em queima mista, e tem a capacidade de produzir 180 ton/h de vapor superaquecido, na temperatura de 510°C e com pressão de 104 kgf/cm² MCR, podendo produzir (produção de pico) 200 ton/h, durante 4 horas.



GV-59201A/B

Figura 6: Caldeiras Geradoras de Vapor.

Fonte: Manual técnico da Empresa

Duas bombas B-59201 A/B, cuja área constitui o objeto do estudo, são acionadas a turbina movida a vapor (TB) e as duas B-59201 C/D acionadas a motor elétrico (MB). As bombas estão conectadas aos coletores de saída dos

desaeradores para succionar e bombear para o sistema de alta pressão a quantidade requerida para alimentação das caldeiras.

Normalmente operam duas bombas, sendo uma acionada a turbina e outra acionada por motor elétrico. O outro par fica na reserva. Estas bombas são compostas por duas partes: a *buster* e a principal. Ambas são acionadas por um só acionador. Cada bomba está equipada com uma válvula de bloqueio na sucção e descarga para isolamento da mesma do sistema, em caso de manutenção.

A água de alimentação da caldeira deve ser fornecida dentro das especificações determinadas em padrões de execução da Empresa.

3.3.3 As Turbo Bombas (TB-59201 A/B)

As turbo bombas são de contra pressão de único estágio. Possuem a carcaça montada horizontalmente a linha central do eixo, com entrada e saída conectada a metade inferior, permitindo flexibilidade para manutenção interna, sem a necessidade de remoção das linhas de vapor (ver Figura 7).



Figura 7: Turbo bomba na área industrial.

Fonte: Foto do autor.

A carcaça é ligada metal com metal, não causando problemas de determinadas juntas e, esta turbina está acoplada diretamente na bomba.

Na parte superior da carcaça está montada uma válvula de alívio para segurança do equipamento. A válvula sobreposta está montada em ambos os lados da carcaça da turbina, onde a ponta do rotor passa por dentro da carcaça da mesma, e um anel de carvão é pressionado de forma a minimizar o escape de vapor.

O rotor é apoiado por dois mancais. O mancal de escora é um tipo dupla ação de equalização e a lubrificação é feita por óleo pressurizado.

Para o controle de rotação das TB-59201A/B, foi instalado um governador eletrônico WOODWARD PEAK 150 (ver Ponto 3 na Figura 8), cujo sistema operacional, segundo consta em relatório de engenharia da empresa, permite um bom nível de confiabilidade, inclusive para a proteção do equipamento por sobre

velocidade, quer seja durante operação ou durante a partida. Este governador possui dois ajustes de controle, sendo um para a condição de giro lento, e outro para a rotação nominal de operação. Ambas as rotações são registradas no painel da casa de controle.

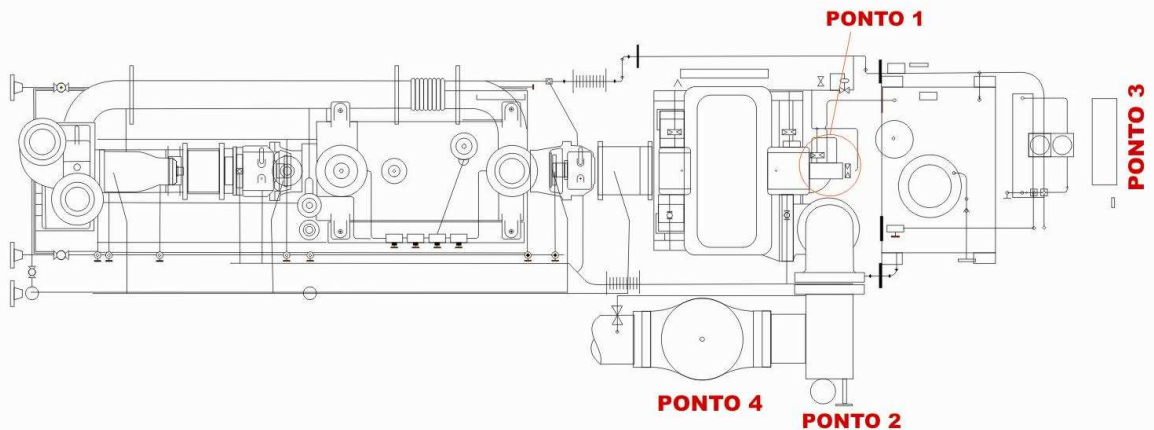


Figura 8: Apresentação esquemática da turbo bomba.

Fonte: Manual técnico da Empresa.

Um sistema de lubrificação forçada, consequência da operação de uma bomba principal acoplada a ponta do eixo no lado externo turbina, é responsável pela lubrificação de todos os mancais da bomba e da turbina, exceto do mancal da *booster*, cuja lubrificação é feita por banho de óleo.

Dois filtros, dois resfriadores e uma alavanca comutadora dão flexibilidade para limpeza, permitindo a continuidade operacional do equipamento.

O sistema de lubrificação auxiliar das TB-59201 A/B é feito através de uma bomba, TB-59209A/B, cuja descarga está interligada ao sistema de óleo. O comando para acionamento desta bomba auxiliar, é feito através de uma tomada de pressão na própria tubulação de óleo. Esta tomada de pressão, através de uma tubulação interliga diretamente na "cabeça" de uma válvula controladora de pressão (*pressure control* - PC) existente na linha de vapor para acionamento da turbina da bomba de óleo. Esta PC está calibrada de tal forma que se por qualquer motivo ocorrer uma queda na pressão do sistema de óleo de lubrificação da bomba principal ela se abrirá mantendo a continuidade da lubrificação dos mancais.

Durante a partida inicial da bomba principal, a pressão se eleva, e isto faz com que a valvula PC, da linha de vapor para a bomba auxiliar se feche retirando a mesma de operação.

O sistema de bomba auxiliares nas TB-59201A/B são importantes, pois as mesmas quando estão na reserva permanecem sob a condição de giro lento devendo desta forma ter os seus mancais lubrificados.

3.3.4 Organização do Trabalho

São setenta e três (73) funcionários que trabalham divididos em cinco grupos de turno no setor de Energia, sendo que um (1) operador de cada turno é o responsável pela rotina que passa pelo sistema das turbo bombas TB59201A/B. Operadores que trabalham no chamado horário administrativo (HA), não participam dos grupos de turno e cumprem horário das 07h30min às 16h30min de segunda à sexta-feira. Os grupos se revezam em três horários de turno, conforme Tabela 2, que apresenta a escala de horário do operador de turno.

Tabela 2 - Escala de horário do operador de turno

Sequência	Quantidade de dias	Entrada	Saída
1º	3	15h	23h
2º	1	Folga	
3º	4	7h	15h
4º	3	23h	7h
5º	6	Folga	

Fonte: Padrão operacional da Empresa.

O trabalho respeita esta sequência de rotatividade não importando se os dias de trabalho caem em final de semana (sábado e domingo) ou feriados. Os operadores não têm previstos intervalos definidos para a alimentação durante a jornada do turno.

Os grupos de turno de trabalho na PR/ER tem composição constante,(são sempre os mesmos operadores no grupo), e são subdivididos, um operador para cada área, da seguinte forma:

- 1 supervisor
- 1 operador para cada área a seguir;
 - o Console SDCD (Sistema Elétrico e ETA)
 - o Console SDCD (GV-59201A/B e Sistema Térmico)
 - o Console SDCD (GV-21002, GV-22001, Sist Térmico)
 - o Campo GV-21002 e GV-22001
 - o Campo GV-59201A / B, Sistema Térmico e TG's
 - o Campo área de Óleo e Pq. Bombas
 - o Campo Clarificação e TR-51501/02
 - o Campo Desmineralização e Osmose
- 1 operador em horário administrativo (HA) para a área externa
- 1 operador em HA para a Estação de Tratamento de Água (ETA)
- 1 operador em HA para o Posto de Administração e Controle (PAC)

Os operadores da energia (ER) são distribuídos por região física, não especificamente por um determinado tipo de produto, assim, várias linhas de produtos de diferentes sistemas e subsistemas podem passar pelos equipamentos das áreas sob seus cuidados.

São dezessete (17) as áreas de trabalho sob responsabilidade do operador de campo da ER, responsáveis pela rotina das turbo bombas TB59201A/B. A área de trabalho, segundo a descrição do padrão de operação da ER, compreende basicamente:

1. Água de fogo (AF) B- 66401-A/B/C/D
2. Água de resfriamento (AR) B-51501A/B/C/D
3. Equipamentos auxiliares água de resfriamento (AR)
4. Água de vapor (AV) - B-53001A/B
5. Água de máquinas (AM) - B-51550A/B
6. Ar comprimido (AI / AS / AE) C-54001A/B/C/02
7. S-54001A/B e S-54003A/B - AR de instrumento / serviço
8. Água de reposição para TR 21001 (DH) B-51508A/B
9. Água de alimentação das caldeiras (alta pressão) B-59201 A/B/C/D
10. Água de média pressão B- 59202A/B/C
11. Sistema de condensado (V-04 para desaerador) B-59203A/B
12. Condensado dos V-59204/05/07/08

13. P-592010 / P-592019 e BA 592010
14. Produtos químicos (morfolina/hidrazina /fosfato)
15. Sistema óleo combustível B-56001A/B/C e B-56003A/B
16. Gás combustível
17. Geral

Após a troca de turno na casa de controle local da ER/PR (Casa de Força – CAFOR), que segue rotina descrita em padrão de passagem de serviço, o operador que “entra” deve fazer a verificação de campo percorrendo todas as áreas sob sua responsabilidade, observando o padrão do *checklist* (listas de verificação) da área de óleo, turbo bombas, e parque de bombas e clarificação do sistema de produção de energia (PR/ER). O *checklist* que deve ser seguido de forma sequencial dividi-se em duas partes: *checklist 1* - área de óleo e turbo bombas; e *checklist 2* - parque de bombas e clarificação.

A finalidade apontada no padrão do *checklist* das áreas operacionais da PR/ER é monitorar, de forma segmentada e sistemática, a operação dos equipamentos dos processos de utilidades visando sua confiabilidade e disponibilidade.

Existe um padrão geral para preenchimento de *checklists*, cujo objetivo é orientar os operadores da PR/ER sobre a finalidade, forma de preenchimento, periodicidade e, também, os responsáveis pela análise crítica dos *checklists* das áreas operacionais da PR/ER. O formulário de *checklist* é padronizado para todas as áreas de atuação na PR/ER, de forma a uniformizar sua metodologia e aplicação.

Apesar de a produção ser programada, o operador não tem total certeza de qual será sua tarefa para o dia, pois isto depende intrinsecamente dos acontecimentos do turno anterior. O percurso do operador na área de trabalho segue o esquema da Figura 9 na área da PR/ER, especificamente área de óleo, turbo bombas, parque de bombas e clarificação, seguindo o *checklist*.



Área da Energia (ER/PR)
Percurso do operador seguindo Checklist 1
Percurso do operador seguindo Checklist 2
Percurso Retorno à Casa de Força (CAFOR)

Figura 9: Área da ER/PR e o percurso do operador da área de óleo, turbo bombas, e parque de bombas e clarificação

Fonte: Imagem elaborada pelo autor a partir do site Google.

As áreas de trabalho do operador em sua rotina diária de turno estão distribuídas em seis dos nove subsistemas de PR/ER. As TBs situam-se no Subsistema 3 – Geração de Vapor. A Figura 10 situa esquematicamente e destaca em cinza os locais e sistemas onde o operador atua durante sua rotina de turno.

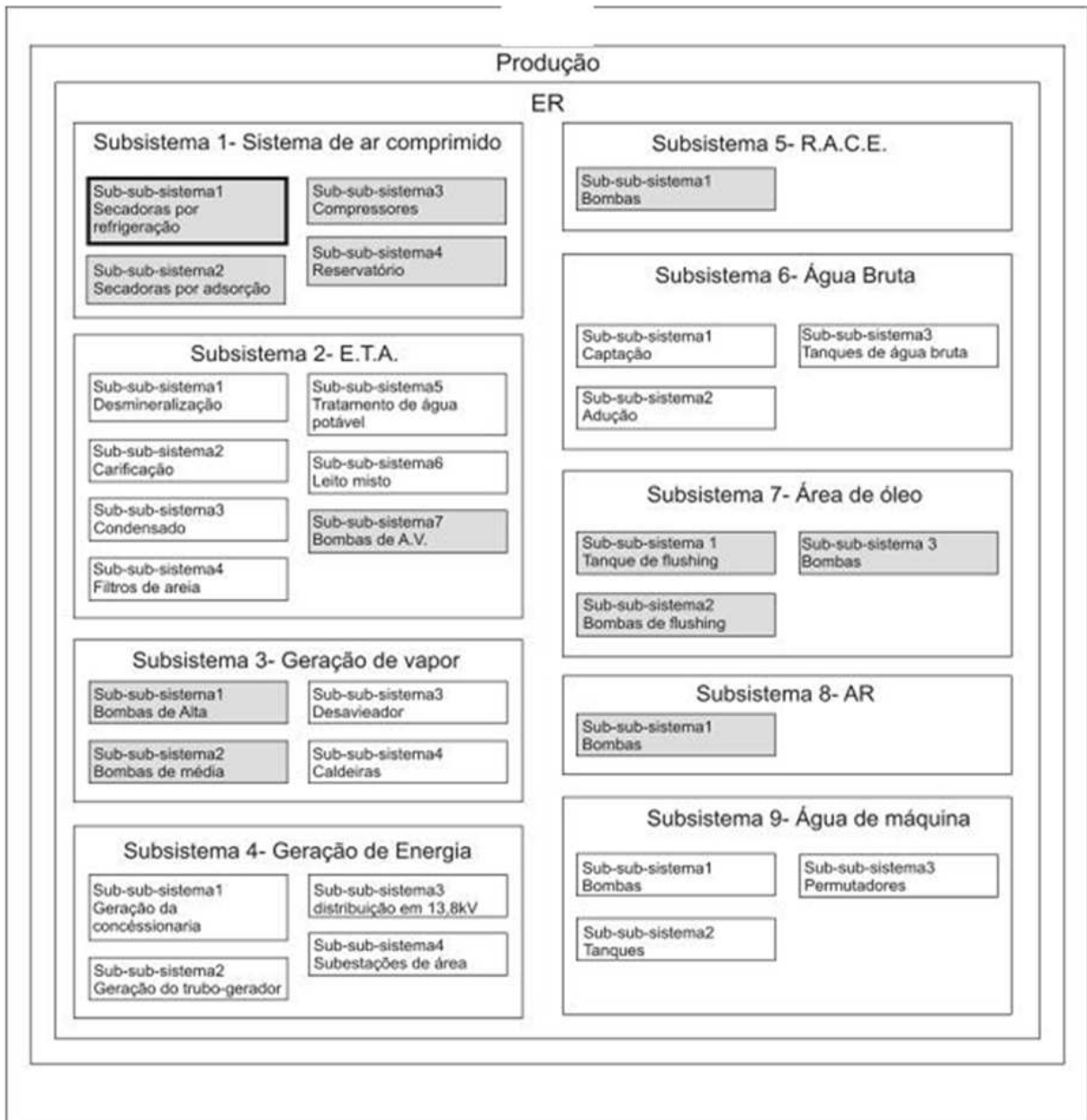


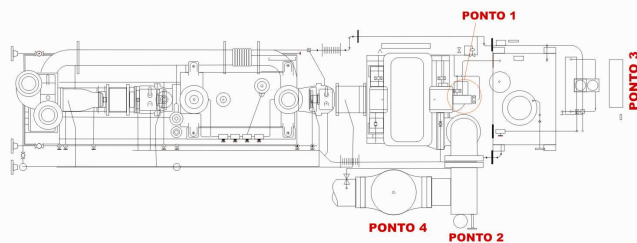
Figura 10: Locais e sistemas onde o operador atua durante sua rotina de turno em destaque

Fonte: Manual técnico da Empresa.

O procedimento de operação da bomba está definido no Padrão de Execução e Operação das Bombas de Alta e Média Pressão, documento de 14 páginas. A Figura 11 reproduz uma orientação resumida fornecida aos operadores sobre a partida e disponibilização das TBs.

Procedimento para disponibilizar a Bomba

- 1- Verificar a pressão do óleo (acima de 1,5 kgf/cm²)
- 2- Rearmar o trip abaixo do eixo do mancal. **Ponto 1**;
- 3- Armar o trip da Válvula LARK, girando o volante no sentido HORÁRIO. **Ponto 2**
- 4- Girar o volante da válvula lark, no sentido anti-horário e observar a posição do sensor magnético. Confirmar posição com consolista do SDCD. **Ponto 2**
- 5- Acionar ALARME-RESET, no painel local do governador. A lâmpada vermelha de trip deverá estar apagada. **Ponto 3**
- 6- Acionar START, no painel local do governador. **Ponto 3**
- 7- Verificar que esteja aberto o desvio da SD; **Ponto 4**
- 8- Bloquear o ar para SD (válvula macho) atenção para não fechar o bloqueio geral (válvula agulha). **Ponto 4**
- 9- Aliviar dreno da reguladora de ar para SD, de modo a ter somente uma pequena abertura na SD; **Ponto 4**
- 10- Observar que o eixo de turbina girou;
- 11- Alinhar novamente o ar para SD; **Ponto 4**
- 12- Fechar o dreno da reguladora de ar da SD; **Ponto 4**
- 13- Verificar rotação, no painel local do governador deverá ser superior à 200rpm; **Ponto 3**
- 14- Caso a velocidade não atinja 200rpm, o governador irá desarmar a turbina. No painel local indicará CÓDIGO 2. Reiniciar a operação;



Procedimento de partida

1. Verificar a pressão de óleo (acima de 1,5 kgf/cm²);
 2. Ao partir a turbina, com as válvulas dos expansores fechadas, a potência da máquina ficará limitada aos 12 expansores internos fixos, que lhe dará a rotação adequada ao trabalho e potência requerida neste momento;
 3. Ao precisar de mais potência, é necessário abrir expansores e isto deverá ser feito de acordo com a potência desejada. Sempre abrir TOTALMENTE a válvula do expensor escolhido.
 4. Abrir totalmente o expensor nº1
 5. Se necessário, abrir totalmente o expensor nº2
 6. Para um ajuste de rotação mais fino, abrir o expensor 3 ou 4, ou 5
- As TB-59201 A/B são dotada de rodas, com 60 palhetas, sendo 12 internas e fixas, em dois expansores de 6 palhetas cada; do lado externo, temos 5 válvulas, para 5 expansores;

Da parte superior para a parte inferior da carcaça o correspondente é:

- 1° - 18 palhetas
- 2° - 12 palhetas
- 3° - 6 palhetas
- 4° - 6 palhetas
- 5° - 6 palhetas

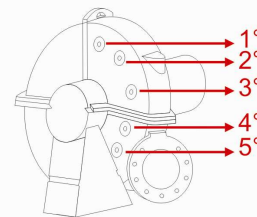


Figura 11 – Exemplo de orientação resumida fornecida aos operadores sobre a partida e disponibilização das TBs

Fonte: Manual técnico da Empresa.

As TBs do Subsistema de Geração de Vapor são classificadas como um equipamento crítico, cuja definição em padrão da Empresa é:

O conceito de equipamento crítico está definido em padrão que lista os instrumentos e equipamentos críticos da área de PR/ER, conforme segue: "Equipamentos Críticos: Equipamentos ou instrumentos passíveis de manutenção, inspeção e/ou calibração, cuja falha possa causar impactos na qualidade dos produtos, no meio ambiente, na segurança das instalações próprias e/ou de terceiros, na saúde e segurança da força de trabalho e/ou vizinhança e/ou em perdas de produção. Também são considerados equipamentos e instrumentos críticos os que são citados como sendo obrigatoriamente controlados em legislação (federal, estadual ou municipal), norma técnica citada em legislação ou requisito corporativo (diretrizes; normas internas, padrões, etc.).

No padrão estão listados 78 instrumentos e equipamentos críticos na gerencia setorial de Energia ER/PR.

3.3.5 Confiabilidade Humana na Empresa.

Qual a visão da empresa estudada a respeito de confiabilidade humana?

Através da análise de padrões operacionais, dos padrões de gestão e de manuais internos de segurança, bem como levantamento de documentos divulgados para os trabalhadores e apresentados em eventos sobre o tema de confiabilidade humana, pode-se ter uma referência e interpretar como é entendida e como se estrutura essa visão dentro da organização.

Pode-se, a partir desta interpretação, situar a concepção dominante na Empresa a respeito de confiabilidade humana dentre as escolas e tendências já apresentadas e relacioná-la a um dos tipos de enfoque apresentados para a gestão de confiabilidade humana, isto permite orientar o olhar do pesquisador na identificação de elementos presentes na situação de trabalho relacionados a aspectos de confiabilidade humana, durante o acompanhamento da atividade operacional, para análise da atividade do operador na área industrial no momento da aplicação da metodologia da análise ergonômica do trabalho.

A seguir busca-se traçar um perfil da gestão de confiabilidade humana, contextualizando a partir de alguns trechos e evidências coletados, que são reproduzidos e comentados.

Uma definição formal de confiabilidade humana está apresentada em um manual corporativo distribuído aos trabalhadores participantes de um treinamento em confiabilidade realizado pela empresa, conforme segue:

O que é a confiabilidade humana?

Pode-se definir a confiabilidade humana simplesmente como a probabilidade de que uma tarefa ou serviço seja feita com sucesso dentro do tempo reservado para a mesma. Erro humano pode ser definido como falha de ações planejadas para alcançar os objetivos pretendidos... É durante a execução ou no controle de uma tarefa ou serviço que ocorre o erro. É importante ressaltar que ele ocorre, inevitavelmente, nas mãos dos trabalhadores do chão da fábrica (operadores), e não nas mãos diretas dos gerentes e dos executivos. (Manual de Operações sem Risco, edição da empresa).

Em outro trecho do mesmo manual, com um enfoque na confiabilidade de equipamentos, encontramos uma explicitação do entendimento do que seria o erro humano e sua importância para a confiabilidade:

Na realidade, alguém pode dizer que até 90% de todas as falhas de equipamentos podem ser atribuídas de uma forma ou de outra ao erro humano. Por exemplo, se após ter sido feito um excelente projeto, uma correta fabricação, a execução dos testes e a aprovação pelo Controle de Qualidade dos equipamentos em questão, ou seja, a maior parte dos esforços visando à confiabilidade esteve direcionada para as máquinas e para os seus componentes e tendo sido esquecido de levar em conta a falha humana, deixa-se a margem de, pelo menos, 50% de redução na eficiência do sistema utilizado.

Mesmo quando reconhece a possibilidade de uma falha por interferência de outros elementos presentes no sistema, de uma *complexa relação entre fatores* como o ambiente, organização, informações, treinamento, planejamento e projetos na origem de acidentes e falhas; quando pretende apresentar uma *visão sistêmica do erro humano* a parcela da falha humana é valorizada e a culpabilização do ser humano é apresentada com veemência sobre as suas limitações e na *“transformação do erro em falha”*. Fica claro no trecho a seguir a também a racionalidade técnica mecanicista clássica predominante e o tipo de visão do ser humano como um agente de não confiabilidade (quando se refere à ineficiência das barreiras):

A tendência inevitável ao erro origina-se da capacidade limitada da memória humana, do limite no processamento de informações e/ou da dependência de regras específicas para a execução da tarefa.

O ambiente intolerante não permite ao operador receber feedback em tempo hábil para que ele tome medidas que evitem a transformação do erro em falha ou

defeito. Muitas vezes, nem mesmo permite a percepção imediata do erro. “A ausência de barreiras entre o erro e a falha e a impossibilidade de recuperação do erro caracterizam um ambiente intolerante”.

Outros trechos evidenciam os mesmos aspectos mecanicistas e de culpabilização do humano, como segue:

A alta administração, os supervisores e os trabalhadores em geral, todos precisam aceitar a sua responsabilidade pelos erros. Saber como se devem fazer as coisas corretamente é uma meta exemplar.

O know-how de engenharia não é suficiente para que as tarefas sejam executadas adequadamente pelas pessoas; é necessário o conhecimento do sistema de administração e de suas funções, dos seus princípios e, principalmente, bastante experiência nas ciências do comportamento e da “engenharia humana.

Há uma opção clara por um sistema gerencial com uma visão compartimentada da gestão da confiabilidade humana, fundamentada na crença de que é através da perfeita prescrição de padrões e do planejamento da tarefa, que se obtém o melhor resultado, conforme sugere o trecho a seguir:

Se as ações não ocorrem como planejadas o planejamento foi inadequado.

A experiência nos mostra que o ser humano pode desempenhar atividades como um sistema individual em um ambiente adequado e ser auto-suficiente durante um bom tempo...

O objetivo fundamental a ser atingido é criar a melhor compatibilidade possível entre as pessoas e as máquinas, dentro do sistema de restrições. Uma máquina completa seria aquela que proporcionasse um casamento ótimo com o ser humano.

O que fica evidente, em eventos organizados pela Empresa e em seus manuais, em mais de uma de suas unidades de negócio, é a manifestação que no entendimento da empresa a confiabilidade humana está suportada pelos pilares: gestão, procedimentos, equipamentos, ambiente e interações (ver Figura 12).



Figura 12 - Campanha de Disciplina Operacional

Fonte: Apresentação no seminário Interno de confiabilidade humana da Empresa

Pode-se observar na Figura 12, que a base que suporta esta estrutura é a disciplina operacional. Neste sentido tem intensificado a campanha de disciplina operacional na Empresa, representada pela sua gerencia em ícones como ilustrado na Figura 13.

Confiabilidade Humana Disciplina Operacional

Capacidade de uma Organização em seguir padrões



Figura 13 - Campanha de Disciplina Operacional

Fonte: Apresentação no seminário interno de confiabilidade humana da Empresa.

O embasamento da confiabilidade humana sobre a disciplina operacional, de forma compartimentada, como apresentada pela Empresa na Figura 12 e Figura 13, reflete o peso dos denominados “erros humanos” como a causa principal das variações e/ou dos disfuncionamentos, e a busca por restringi-los através da gestão e elaboração das prescrições de tarefas, através da construção de procedimentos padrão, direcionados pelos conceitos de redundância, diversificação, qualidade de equipamentos, principalmente na fase de projeto das situações.

Apresenta também uma visão prescritiva rigorosa na perspectiva de um controle de falhas, onde os seres humanos são caracterizados como agentes de não confiabilidade, fontes de erros, de adaptações classificadas como violações ou não conformidades.

3.4 Análise da atividade do operador

Após a análise e reconhecimento da demanda e da tarefa, reuniões no grupo de confiabilidade, conversas e primeiros acompanhamentos da rotina diária com os operadores da área PR/ER, optou-se pela divisão em três recortes de análise para melhor sistematização dos dados e informações levantados a partir das observações da atividade do operador da área óleo, turbo bombas, painéis elétricos da CAFOR, parque de bombas e clarificação, quais sejam:

- *Checklist* I: áreas de óleo e turbo bombas;
- *Checklist* II: parque de bombas e clarificação; e
- Manobra do painel da turbo bomba (TB 59201 AB).

Os dois primeiros recortes (*checklist* I e II) serão tratados nessa seção, enquanto o terceiro será detalhado na seção 3.4.1.

Todo o trabalho de operação desenvolve-se em área industrial externa, exposto a intempéries. Há vários tipos de piso com diversas irregularidades de superfície com trechos de constante acúmulo de água. O ruído é intenso devido à circulação, drenos e escapes de vapor e funcionamento de equipamentos por toda a área percorrida. Existe risco de exposição a gases oriundos do processo (principalmente gás sulfídrico - H₂S e gás liquefeito de petróleo - GLP); somadas a situações de risco de queimadura por vapor, líquido ou contato com superfícies

quentes, a riscos biomecânicos de postura, por esforço, e risco de quedas de várias alturas.

Os operadores da PR/ER são distribuídos por área física, não especificamente por um determinado tipo de produto; assim, várias linhas de produtos podem passar por equipamentos de sua área. A própria extensão da denominação da área coberta pelo operador já indica, e o acompanhamento da rotina do operador confirma, tratar-se de uma grande extensão do percurso percorrido e grande quantidade de equipamentos supervisionados.

Os operadores estão divididos em 5 grupos de turno e um grupo em horário administrativo (HA). Os grupos de turno de trabalho na PR/ER são subdivididos, um operador para cada área, conforme já apresentado na seção 3.3.4.

Ao tempo da análise havia operadores em treinamento na área, denominados "Borrachos", o que provocava uma diversidade no número previsto de pessoas por grupo. Os grupos estavam assim constituídos:

- 2 grupos com 13 operadores
- 2 grupos com 18 operadores
- 1 grupo com 17 operadores
- o grupo de HA com 7 operadores.

O operador nas áreas de óleo, turbo bombas, painéis elétricos da CAFOR e parque de bombas e clarificação durante toda a sua permanência na área industrial utiliza obrigatoriamente os seguintes equipamentos de proteção individual (EPIs): abafador de ruído tipo fone ou protetor auricular com cordão, botina segurança com biqueira de aço, capacete de segurança com jugular, luvas de couro, óculos de policarbonato incolor, camisa de algodão com mangas longas (ver Figura 14).



Figura 14 – Situações demonstrando aspectos da extensão física e algumas condições ambientais na área industrial

Fonte: Imagens obtidas pelo autor.

Nota: No sentido horário: CAFOR painéis elétricos, área de óleo, área turbo bombas, área do parque de bombas. Pode-se também observar o uso dos EPIs obrigatórios.

Na área industrial o operador fica exposto às variações de condições climáticas, conforme já mencionado, e percorre diferentes tipos de piso, cimentado, asfalto, terra, brita, que também variam as suas condições segundo as condições climáticas (poças de água e lama), também foi observado a presença de óleo no piso e escape de vapor e água.

Durante todo o turno de trabalho o operador porta um radio comunicador. Há um modelo com alça bandoleira, que para melhor ausculta e fala posiciona atravessado sobre os ombros; ou outro modelo que possui microfone/receptor amplificado e com fio, que permite a fixação do radio no cinto e do radio/receptor próximo ao ouvido.



Figura 15 – Situações de comunicação via rádio.

Fonte: Imagens obtidas pelo autor.

O rádio é percebido e referido pelos operadores como ferramenta essencial para a atividade. Dele depende o contato com o operador do painel SDCD e os demais operadores durante o trabalho na área de produção: *“sem o radio tô sozinho”* (operador de área). Durante algumas ocasiões das observações, o operador interrompeu a rotina e precisou retornar à casa de controle local para troca da bateria do radio. Segundo o operador *“problema com as baterias é bastante comum, com o radio não. O controle do carregamento e do uso das baterias precisa ser bem feito”*.

Para contornar estes problemas os operadores procuram reconhecer entre as baterias disponíveis, quais são as mais confiáveis e que duram mais, tentando controlar e manter o tempo de carregamento suficiente, mas às vezes não conseguem carregar tempo suficiente ou *“outros passam pela casa de controle e mexem nas baterias”* (operador de área).

A rotina diária inicia-se e termina na sala de controle na Casa de Controle Local (CCL) da Casa de Força (CAFOR), quando o operador "pega" ou "passa" o serviço.

A passagem de serviço é orientada por padrão operacional. Após a passagem de serviço, o operador faz a verificação dos monitores das câmeras sobre as caldeiras GVs, dos indicadores dos monitores do SDCD, das mensagens administrativas e pessoais na intranet (*Notes*) no computador. É nesse local que existe a única possibilidade de beber água, reforçar o protetor solar e usar o sanitário (Figura 16).



Figura 16 - Casa de controle local, CAFOR

Fonte: Imagem obtida pelo autor.

Nota: Sentido horário: liberação de permissão de trabalho, monitores das caldeiras, computador, quadro de informações.

A opção de iniciar o seu percurso pela área industrial seguindo pela sequência do *checklist* I ou II pode ser uma opção individual de programação do

operador, ou direcionada por alguma verificação prioritária de equipamento, ou ainda acompanhamento de trabalho indicada pelo operador do turno anterior.

A finalidade do *checklist* das áreas operacionais da PR/ER (segundo padrão da Empresa) é “*monitorar, de forma segmentada e sistemática, a operação dos equipamentos dos processos de utilidades visando sua confiabilidade e disponibilidade*”.

As perguntas do *checklist* são respondidas por sim (S) ou não (N). A resposta não (N) significará uma Não Conformidade, que deverá ser devidamente avaliada pelo responsável da área e supervisor de turno. O formulário de *checklist* é padronizado para todas as áreas de atuação na PR/ER, buscando uniformizar sua metodologia e aplicação.

Ao final do dia, o supervisor deverá fazer uma análise crítica do *checklist* preenchido pelos 3 turnos.

Fica evidente, portanto, a importância do conteúdo do *checklist* (ver Figura 17), principalmente da qualidade das informações nele registradas, pelos seus desdobramentos como orientações do supervisor sobre o estado da sua área, para a programação da confiabilidade técnica dos equipamentos, além de acabar configurando-se o elemento condutor da sequência de deslocamento físico do operador durante sua rotina de trabalho.



Figura 17 – Situações de anotação no *checklist*.

Fonte: Imagens obtidas pelo autor.

Por diversas vezes na rotina se verifica a necessidade do operador encontrar um local para apoio do caderno do *checklist* enquanto realiza verificações ou manobras de equipamentos. Para fazer as anotações o operador procura diversos tipos de apoio e realiza o calçamento e descalçamento constante das luvas. Vento, chuva, o tamanho das letras e o espaço para escrever são referidos como fatores que dificultam as anotações, somados aos resíduos de óleo e poeira nas luvas ou superfícies de apoio que sujam as folhas e prejudicam a clareza das anotações.

Os operadores procuram os locais que sabem que são mais abrigados de vento e chuva para realizar as anotações, fazem as anotações por grupos de equipamentos próximos, de funções e sistemas semelhantes, ou de fácil memorização, e não individualmente. Utilizam as margens das folhas para complementar ou realizar anotações. Alguns têm pontos preferenciais na área onde apóiam os cadernos para se deslocar entre os equipamentos. Muitos deslocamentos

são feitos com o caderno sob o braço, “nem sempre da para ficar abrindo e fechando o caderno para proteger com a capa” (operador de área).

Seguindo a sua rotina de trabalho os operadores precisam ler as informações dos instrumentos e equipamentos para registrá-las no *checklist*. Vários equipamentos e instrumentos dessa área apresentam problemas de visualização e de identificação de dados.

Diversas interferências e fatores situacionais provocam as dificuldades de visualização e interpretação das informações, essas dificuldades se devem sobretudo aos seguintes aspectos: forma de apresentação da informação, falta de clareza de dados apresentados, forma escolhida de indicação das informações, e o posicionamento dos instrumentos de leitura (Figura 18).



Figura 18 – Condições da apresentação e da leitura de informação em instrumentos.

Fonte: Imagens obtidas pelo autor.

Complicam mais a situação de leitura a ocorrência de chuva, falta de iluminação, depósito de poeira e borra de óleo, embaçamento por vapor e o desgaste do vidro do mostrador. Para isso, os operadores carregam nos bolsos, ou deixam em locais estratégicos na área, pequenos chumaços de estopa para limpeza dos instrumentos.

O operador já sabe o “*lado certo de chegar*” ao instrumento. Existe o conhecimento do operador de uma melhor forma para o seu deslocamento entre os equipamentos para se aproximar dos instrumentos e facilitar a leitura. Pode ser que ele tenha que decidir e se adaptar segundo o momento e variações do ambiente (por exemplo, altura e posição do sol, espaço entre equipamentos e volantes de válvula, equipamento vizinho ligado ou desligado, barreiras de andaimes, manutenção, escapes de vapor, linhas quentes, e chuva); ou seguir um caminho que já construiu em sua rotina de seqüência de leitura.

Depois da sua aproximação do equipamento e da leitura dos instrumentos, ou painéis de informação, por diversas vezes o operador sente a necessidade de certificar-se da fidelidade das informações apresentadas pelos instrumentos antes de anotá-las no *checklist*.

A atitude de confirmação das informações é uma iniciativa dos operadores e não se encontra descrita nas tarefas ou padrões operacionais. Estas confirmações são obtidas através da busca de informações em outros pontos do subsistema que corroborem a anterior, através da visualização dos resultados ou da percepção dos efeitos através do tato ou da audição (Redundância).

A Figura 19 apresenta algumas situações onde o operador se certifica e procura manter a confiabilidade do sistema.

Em uma secadora de ar para instrumentos apresentada na situação 1 da Figura 19 após a leitura das informações do painel de informação e observação do equipamento, mesmo com a indicação piscante da luz vermelha do solenóide avisando que está ocorrendo a purga da umidade extraída do ar, o operador irá certificar-se da confiabilidade da indicação ao passar junto a vala de drenagem e observar a saída do líquido. Com essa atitude ele também se certifica da efetiva desobstrução da linha de purga.

A situação 2 da Figura trata da mesma secadora, mas mostra a busca de uma terceira informação sobre seu funcionamento efetivo apesar da indicação luminosa de equipamento aquecido. Através do tato o operador verifica pela vibração e

temperatura do duto que o ar está passando pelo processo de secagem, que “o ar está sendo secado” (operador).

A situação 3 da Figura 19 mostra uma bomba de injeção de produto químico para o subsistema de tratamento de água. O sistema de botões tipo *knob* de indicação de funcionamento e de dosagem da bomba é de difícil leitura, (a imagem apresentada foi feita em um dia de sol). O operador se desloca para onde o pequeno tubo injeta o produto no tanque, buscando a confirmação do funcionamento da bomba, e faz também uma estimativa da quantidade de dosagem do produto.



Figura 19: Situações onde o operador se certifica de informações e procura manter a confiabilidade do sistema.

Fonte: Fotos do autor

Como apresentado anteriormente, a atividade destes operadores se dá em um ambiente que vem sofrendo uma instrumentação crescente das comunicações, com implantação intensiva do gerenciamento através de instrumentos digitais e sistemas de comunicação e informação distribuída e à distância.

A opção por esta forma de gerenciamento da organização faz com que a qualidade do trabalho, a estabilidade do sistema produtivo e a confiabilidade do sistema se apoiem necessariamente na qualidade das comunicações, na clareza

dos dados gerados, nos significados e conceitos a respeito das informações que serão compartilhadas entre os membros do coletivo de trabalho.

Algumas situações encontradas na área demonstram problemas quanto à clareza, forma de apresentação e de conceito das informações fornecidas. Uma série dessas situações é demonstrada na Figura 20 e Figura 21.

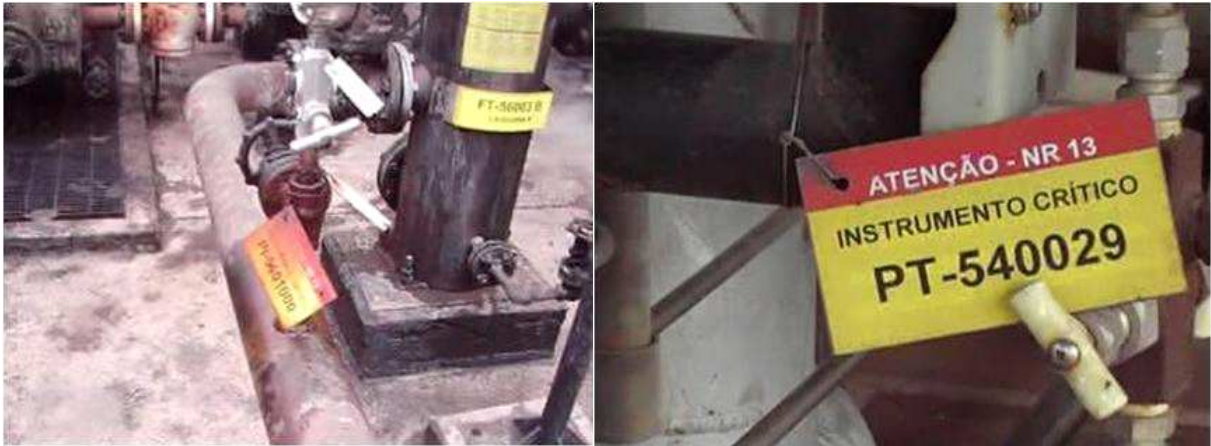


Figura 20 – Sinalização por etiqueta de instrumento crítico.

Fonte: Imagem obtida pelo autor.

Encontra-se em diversos equipamentos espalhados pela área a etiqueta amarela com tarja vermelha com a inscrição “INSTRUMENTO CRÍTICO”. O que é um instrumento crítico? Para o operador questionado é *“todo o instrumento ou equipamento que a falha pode derrubar um sistema, ou subsistema, ou de exigência de NR”*. No padrão operacional da empresa reza que:

Crítico identifica um equipamento do sistema SIS (Sistema Instrumental de Segurança) e faz parte do sistema de Trip. Diferencia de um instrumento de indicação comum...Crítico também identifica um equipamento com relação às exigências das normas e pode não fazer parte do sistema de Trip”.

Seguindo o atendimento ao padrão operacional, conforme o tipo do produto do subsistema (vapor, por exemplo), grande parte dos equipamentos da linha desse produto é etiquetada como *crítico*, e observa-se que são muitas as etiquetas espalhadas.

E qual é a diferença para o operador em sua rotina de trabalho frente aos instrumentos identificados como críticos? Para o operador questionado: *“Tudo é crítico neste subsistema (geração de vapor) eu trato todos os equipamentos como críticos, esse sistema é crítico”*.

Existe também uma diferença de entendimento do que é crítico, segundo a função do trabalhador na área industrial: técnico de operação, técnico de segurança, e técnico de manutenção. O conceito muda conforme o local ou a atividade a ser realizada.

A sinalização luminosa dos painéis elétricos propicia algumas situações para discussão sobre a comunicação de informações e confiabilidade das informações oferecidas para a operação do sistema.

Observa-se na Figura 21 que nos painéis há convivência de luzes brancas acesas e apagadas e de luzes verdes e vermelhas algumas acesas outras não. Qual o significado das cores? E do estado acesa ou apagada? O que representa cada sinal?

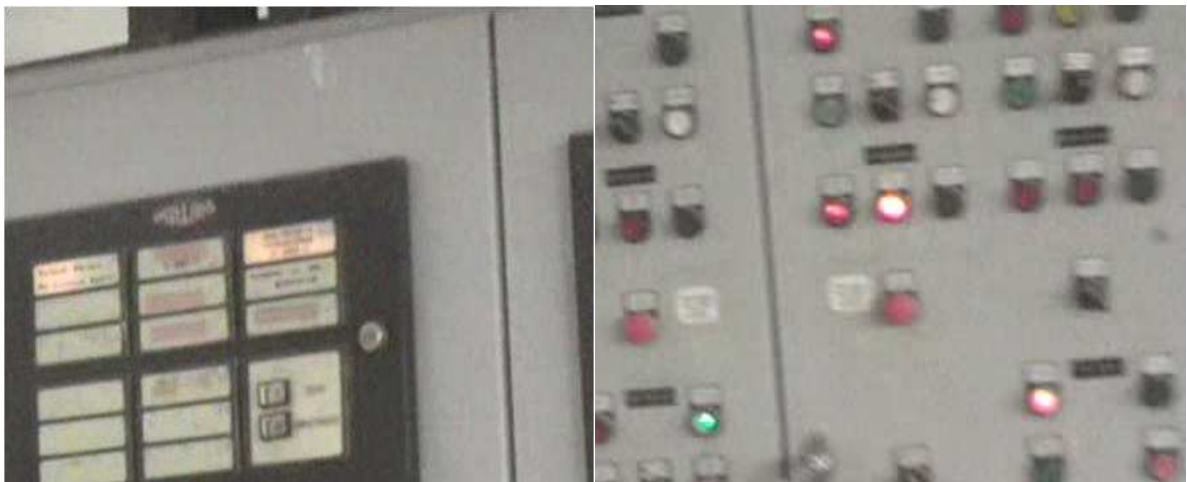


Figura 21 – Sinalização dos painéis elétricos.

Fonte: Imagem obtida pelo autor.

Percebe-se nas reuniões e conversas com os operadores uma diferença sobre o que significam as cores verde e vermelha; é parado ou funcionando? É para ligar ou desligar? É alarme ou rotina? Conclui-se que às vezes é indicativo de um, às vezes é do outro estado, depende da situação.

O operador sabe o significado do que é sinalizado para cada lâmpada e cada contexto, assim gerencia o conflito entre as informações. *“Aquele lá verde tá tudo*

bem, a vermelha do lado também” (operador). Ele reconhece o equipamento a que se relaciona a informação, traduz a informação e relaciona os significados individuais de cada indicador ao estado de todo o sistema.

Vários são os recursos empregados pelos operadores para melhorar os conteúdos da sinalização, buscando suprir: a ausência, a insuficiência de conteúdo, de tamanho, da localização ou mesmo a tradução do significado da informação.

Verifica-se em várias situações a presença dos elementos construídos pelos operadores procurando um suporte para sua orientação, eles surgem na forma de anotações sobre os equipamentos com tinta de marcador industrial amarela, adesivos, papéis com tabelas e gráficos (ver Figura 22).



Figura 22 - Elementos inseridos pelos operadores para suporte de informação

Fonte: Fotos do autor

O quadro branco presente na casa de controle local da CAFOR, é um exemplo bastante significativo de um instrumento criado pelos operadores buscando troca de informações a respeito do estado dos sistemas e/ou equipamentos da área da PR/ER. No mesmo quadro eles trocam informações e recados de caráter pessoal (ver Figura 23).

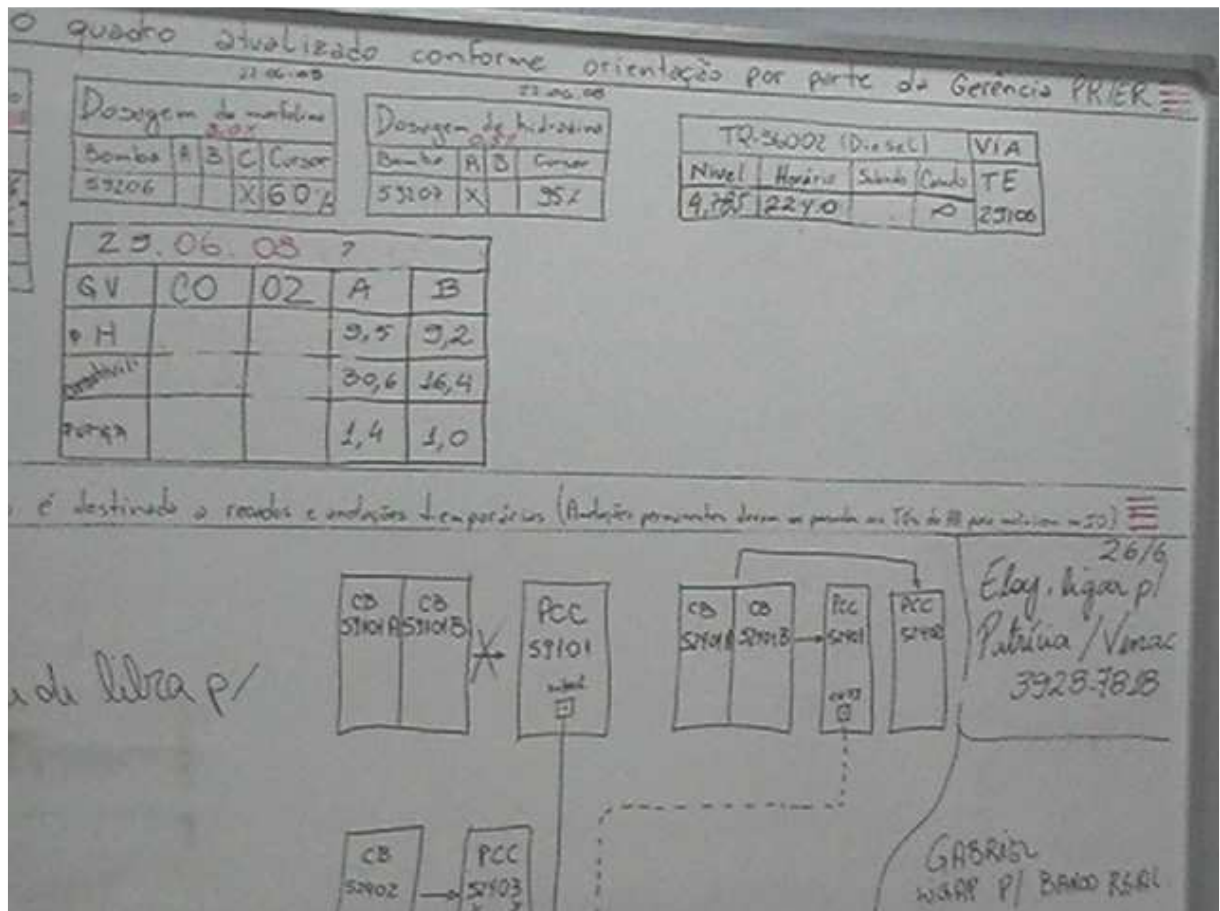


Figura 23 - Quadro de informações inserido pelos operadores na casa de controle local.

Fonte: Foto do autor.

A necessidade da elaboração destes elementos demonstra que apesar da presença intensa de vários tipos formais e padronizados de informações na área industrial, exibidas através de instrumentos, painéis, placas, etiquetas; o conteúdo, importância, localização e até o significado das informações precisam ser adequados à lógica do trabalhador, ser adaptados, traduzidos ou suplementados para cumprir seu papel de suporte suficiente às necessidades dos operadores.

Todo o tratamento dessas informações se dá de uma maneira dinâmica, simultaneamente a um deslocamento constante do operador entre equipamentos orientado no sentido da seqüência do *checklist*, exposto às variações ambientais, aos riscos e ruídos presentes, enquanto permanece em vigilância constante do estado dos equipamentos dos vários subsistemas sob sua responsabilidade, atento à comunicação do rádio, cuidando de suas ações de forma a se manter seguro e não sofrer acidentes (ver Figura 24).



Figura 24 – Movimentação e posturas do operador agindo sobre os equipamentos e buscando informações.

Fonte: Fotos do autor.

O operador movimenta-se o tempo todo e realiza instantaneamente um planejamento da forma como se dará esse deslocamento buscando compatibilizar as informações que ele necessita para o entendimento do estado da sua área e o preenchimento do *checklist*. Suas posturas corporais e movimentos são determinados pela localização e o posicionamento dos instrumentos e equipamentos que ele precisa acessar.

Durante a rotina o operador tem que interromper por diversas vezes o seguimento do *checklist* para atender a solicitação pelo painel de manobra em outro equipamento, auxiliar colega de outra área a realizar manobra, ou para análise e

liberação de permissões de trabalho (PTs) para as equipes que estão aguardando. Para algumas situações, quando ele julga necessário fazer uma verificação ou orientação especial para o caso, a liberação de PT é feita com o deslocamento do operador para o local onde o serviço será realizado.

A análise evidencia uma grande exigência física e cognitiva sobre o operador para realizar sua atividade na área analisada, mesmo em condições normais de trabalho, principalmente quanto às exigências relativas à percepção, julgamento e decisão, com base nas comunicações e informações presentes na sua situação de trabalho.

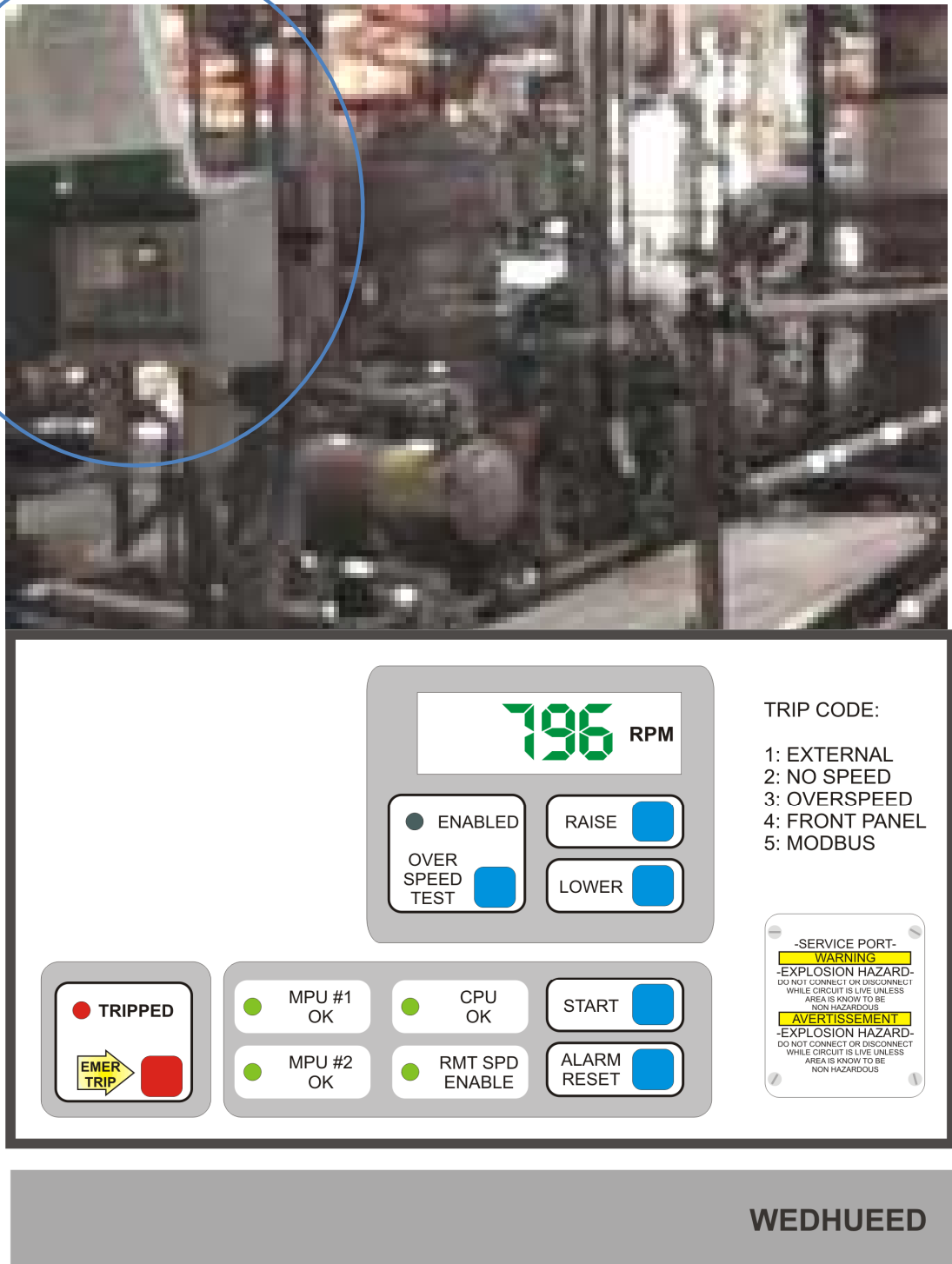
Fica claro também nas observações da atividade que estas exigências aumentam em grande intensidade quando ocorrem anomalias, que devem ser respondidas rapidamente, agravadas por se tratar de operação e convivência dentro de um sistema de processamento de produtos perigosos.

Nestas situações os operadores referem como fundamental o sistema de comunicação de informações para que eles consigam corresponder às exigências de sua tarefa, pois, apesar de parecer uma atividade isolada do ponto de vista físico da situação de trabalho, a atividade do operador está inserida em um ambiente, que para a manutenção do funcionamento estável de todo o sistema produtivo, dentro dos limites satisfatórios de segurança e eficiência, exige um trabalho coletivo perfeitamente coordenado entre os diversos operadores das diferentes áreas produtivas de toda a Refinaria.

3.4.1 O Painel da Turbo Bomba

Esta seção detalha a análise da atividade sobre o painel da turbo bomba. A Figura 25 mostra a situação da turbo bomba na área industrial e uma representação esquemática para uma melhor visualização do painel.

Painel



B 59201 BT

Figura 25 – Painel da turbo bomba: foto na área industrial e representação esquemática

Fonte: Elaborada pelo autor

A abordagem empregada nessa análise tem como foco a atividade real do trabalhador e a busca da compreensão dessa atividade exercida, a fim de dar conta das exigências de suas tarefas. Observam-se ainda os efeitos da interação dos fatores presentes na sua situação de trabalho sobre os trabalhadores, o desempenho de sua atividade e os aspectos de confiabilidade humana, em sua interação com seus equipamentos e artefatos.

Para melhor situar a operação e o equipamento estudado, cabe aqui recuperar alguns aspectos e informações anteriormente apresentados quando da análise da área de óleo, turbo bombas, painéis elétricos da CAFOR e parque de bombas e clarificação, na qual se insere o equipamento. A turbo bomba de caldeiras, TB 59201AB, situa-se como elemento da rotina diária no *checklist* I, sendo descrito em recorte dentro dela.

As bombas analisadas fazem parte do conjunto de bombas de alimentação de água para as caldeiras Geradoras de Vapor (GV). O vapor gerado além de se distribuir em linhas de diferentes pressões para uso na produção, movimentam os Turbo Geradores (TG) responsáveis pela maior parte da energia elétrica consumida na refinaria. São quatro bombas instaladas: duas turbo bombas TB59201AB, (Turbinas), e duas moto bombas (Bombas), como já mencionado. Operam uma turbina (TB) e uma moto bomba (MB), ficando as outras duas disponíveis uma em controle local (botoeira no campo), e outra em controle remoto elegíveis pelo operador de painel do Sistema Digital de Controle a Distância (SDCD).

De maneira geral trata-se de trabalho de grande carga cognitiva e de tomada de decisão, situado na área industrial e, portanto, exposto às intempéries e diversos riscos já mencionados na seção anterior.

Importante salientar que toda a atividade dos operadores desenvolve-se em área industrial de refinaria de petróleo que reconhecidamente na literatura e na nossa experiência se caracteriza-se como uma atividade perigosa, complexa, contínua, e coletiva. (FERREIRA, L., IGUTTI A., 1996).

O operador é responsável pelas verificações, leituras, e manobras em todos os equipamentos e instrumentos de sua área, recebe e dá suporte operacional ao operador de painel de SDCD, situado na casa de controle. Quando necessário solicita ou dá apoio a outro operador de área, ao pessoal da manutenção, supervisiona e libera permissões de trabalho para atividades diversas em sua área.

Mantém contato constante, via rádio, com o operador de painel e demais operadores.

As turbo bombas situam-se no corredor de bombas dentro da área de óleo. Trata-se de área externa com espaço aéreo repleto de conjuntos de *pipe racks* suspensos, e equipamentos como as próprias caldeiras, sobre a área.

O ruído de grande intensidade é uma constante na área, seja o ruído gerado pelo funcionamento dos equipamentos, seja pelo escape de vapor em diversos pontos do sistema.

Situações de exposição a calor intenso e contato com superfícies quentes nos momentos de aproximação das linhas de vapor para leituras de instrumentos ou manobras dos equipamentos.

A Figura 26 mostra o corredor onde se localiza a TB em diferentes situações climáticas. A fotografia de baixo à esquerda mostra o corpo da bomba com seu painel, onde pode se observar a condição de iluminação local sobre o painel em dia claro.



Figura 26 - Corredor das turbo bombas em diferentes situações climáticas

Fonte: Fotos do autor

Os trabalhadores referem que no corredor, mesmo durante o dia, devido à presença dos *pipe racks* das linhas de tubulação, e dos equipamentos sobre a área (as caldeiras), fica com luminosidade reduzida.

A leitura de indicação dos mostradores de instrumentos fica bastante comprometida nos dias de chuva quando aumenta o problema de visibilidade no setor, principalmente devido à evaporação da água de chuva sobre os condutores quentes de vapor e acúmulo de água sobre os mostradores. No período noturno a iluminação da área do corredor de bombas sobre os equipamentos é indireta e não consegue atingir alguns instrumentos (Figura 27).



Figura 27- Iluminação noturna sobre o painel da turbo bomba

Fonte: Foto do autor

3.4.1.1 Acionamento do Painel

No sistema de abastecimento de água de caldeira operam 2 bombas, uma acionada à motor e outra à turbina, permanecendo outras duas na reserva, sendo que uma delas “seletada” (com botão já *select* acionado), para entrar em ação automaticamente, como mencionado. As bombas na reserva estão sempre prontas para entrar em ação automaticamente pela detecção de alteração de pressão por válvula, que provocará a abertura de outra válvula instalada no coletor de vapor, colocando a turbina em operação. Tecnicamente no padrão de operação da empresa, o acionamento deve ocorrer:

se houver queda de uma das bombas, haverá queda da pressão, e com atuação do PSL-020, partirá a bomba reserva, em auto e seletada. Caso persista a atuação do PSL, partirá outra bomba, se estiver em auto, mesmo não seletada.

Estes equipamentos possuem botoeiras de partida e parada no campo e botões de partida e parada pelo SDCD, devendo permanecer com a chave LOCAL/REMOTO, sempre na posição remoto no campo.

Segundo padrão de operação da turbo bomba as ações do operador sobre o painel ocorrem de acordo com programação prévia de parada total da bomba para manutenção, e após a manutenção para colocá-la em reserva (acionamento automático), ou para entrada em operação imediata. Pelo padrão, o operador somente atua no painel da turbo bomba por solicitação e sob orientação do painel SDCD.

Antes de qualquer ação o operador observa o estado do equipamento, o seu entorno e a área próxima, verificando se existe algum material estranho como andaimes e barreiras, existência de ruídos ou vibrações anormais, observa o estado dos instrumentos de informação, busca uma compreensão do estado do sistema, visitando os equipamentos relacionados e trocando informações e orientações com o operador do painel

Trip do painel

O acionamento do *trip* do painel, ou “*tripagem da bomba*”, é a parada total da turbo bomba que pode ser necessária para troca de bombas, para manutenção ou qualquer situação de emergência.

O operador durante a operação da turbo bomba trabalha em contato direto com o operador do painel do SDCD. Localiza e aperta o botão EMER TRIP no painel. Após o acionamento ocorre o acendimento da luz vermelha indicando *Tripped*. A Indicação de RPM no painel muda de indicação de leitura de rotação para a indicação do número 4.

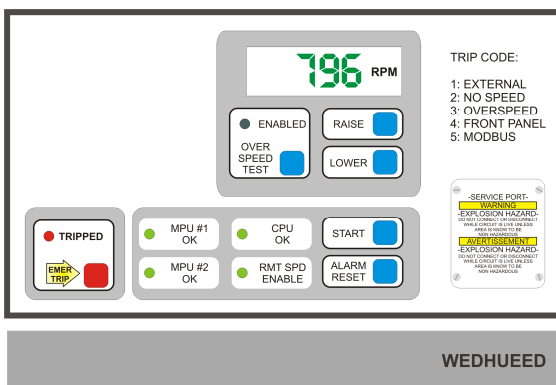
O significado da indicação 4 no painel encontra-se listada à direita no painel em inglês, sob a indicação TRIP CODES. O número 4 – FRONT PANEL indica que a bomba foi “tripada” por comando do painel do equipamento (ver Figura 28).



Emer Trip



4 = Front Panel



B 59201 BT



**Painel Indicando
Tripped e Front Panel**

Figura 28 – Acionamento no painel para tripagem da turbo bomba.

Fonte: Foto do autor

Bomba na reserva

Após a parada da turbo bomba e resolução do motivo de parada, o operador deve colocar a bomba em funcionamento ou na reserva.

O operador aciona o botão ALARM RESET e no painel das rotações RPM aparece a indicação da rotação baixa da bomba. Apaga-se a indicação de TRIPPED. A bomba esta NA RESERVA, pronta para entrar em operação em AUTOMático ou por acionamento no painel frontal (ver Figura 29).

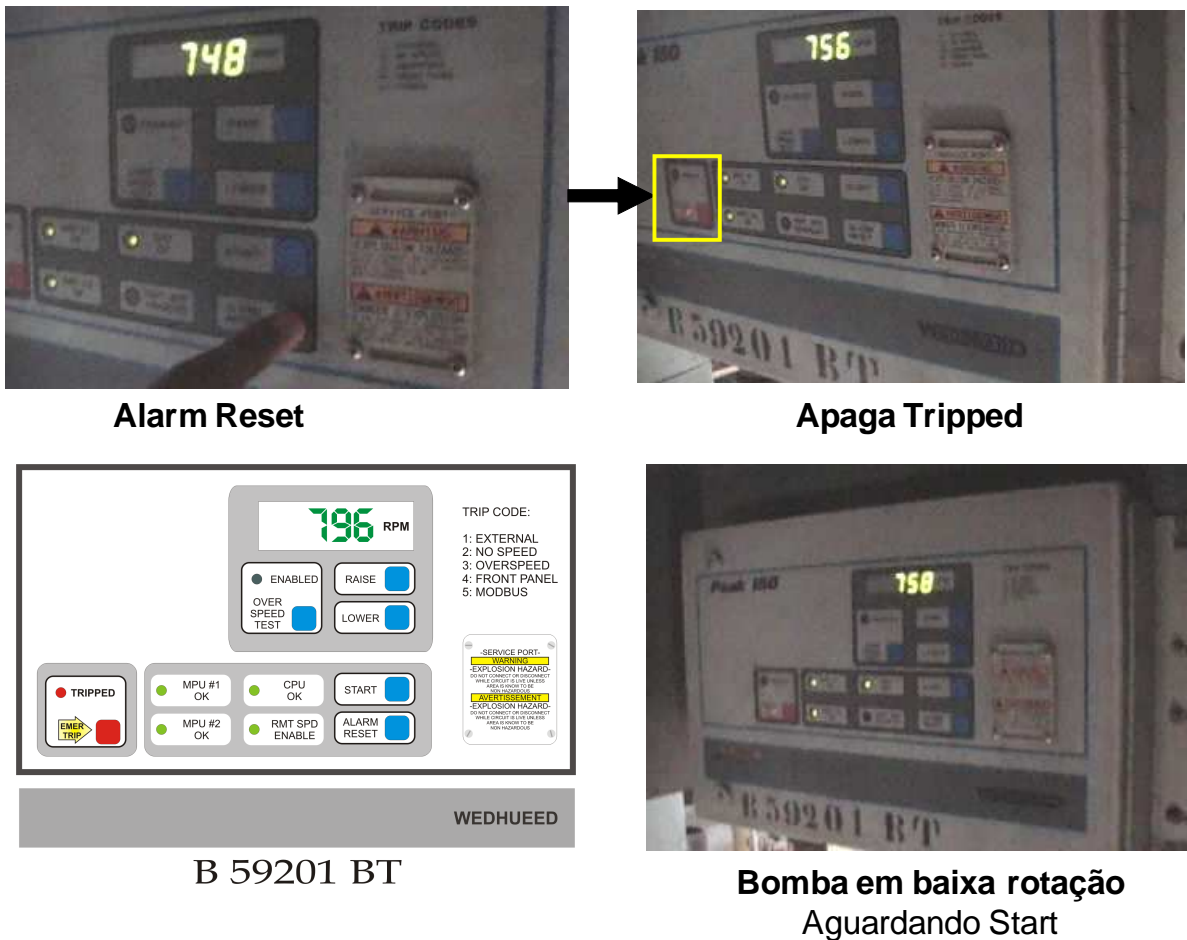


Figura 29 – Acionamento do painel para colocação da bomba em Reserva.

Fonte: Foto do autor

Partida da Bomba

O acionamento pode ser automático por detecção de mudança de pressão do vapor no sistema de válvulas de controle ou via acionamento no painel para realização da troca de turbo bombas em funcionamento.

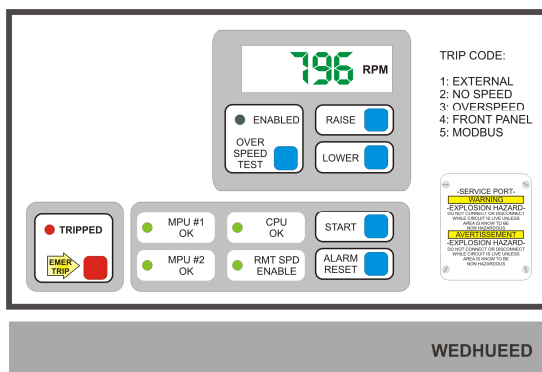
Após o acionamento do botão START o mostrador de RPM indica a mudança para alta rotação que deve permanecer no mínimo de 3.450 rpm (Figura 30).



Bomba na reserva
em baixa rotação



Aciona Start



B 59201 BT



Entra em operação

Figura 30 – Acionamento do painel para Partida da bomba

Fonte: Foto do autor.

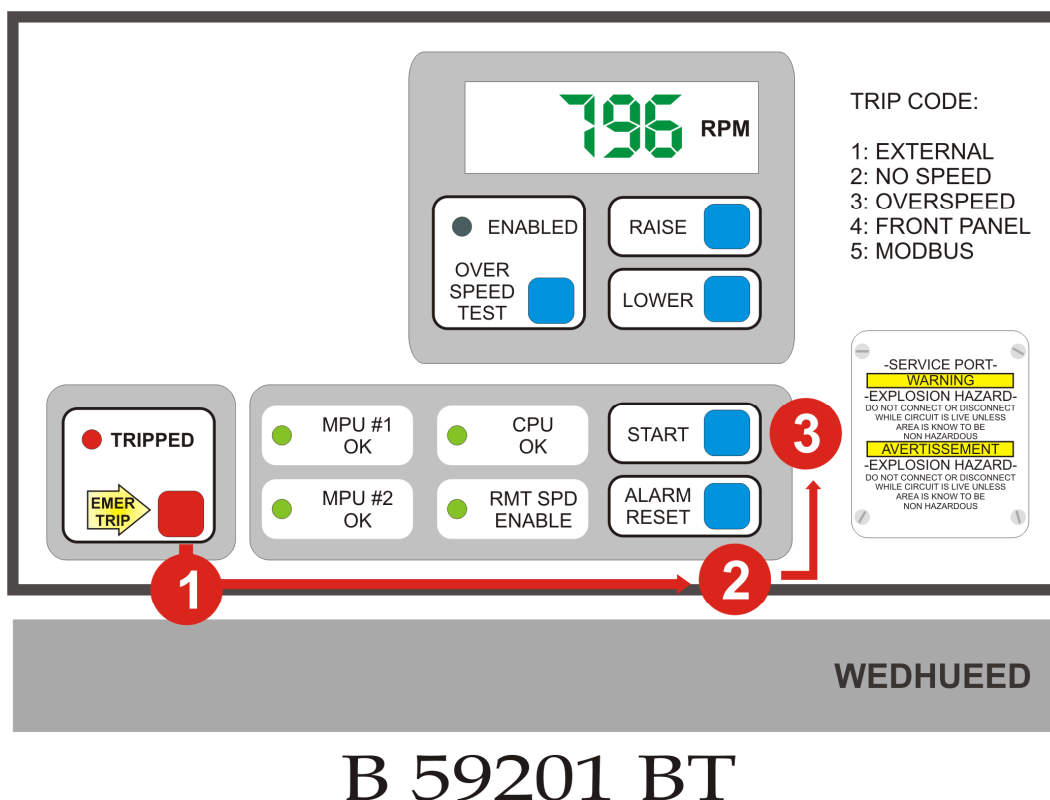
3.4.1.2 Análise do Painel

Embora a tarefa pareça ser composta por uma série de ações e de comandos simples para a operação do painel de controle da turbo bomba, a análise da atividade do operador demonstra uma série de problemas gerados pela forma como o painel foi concebido e mostra o seu distanciamento das necessidades reais de informações e das habilidades necessárias para o usuário do painel.

Uma das primeiras falhas observadas é que a interface do painel não permite retorno claro ao operador sobre o estado real do equipamento, e apresenta uma configuração de posicionamento dos comandos confusa; por exemplo, em que momento da sequência de comandos pode ter havido um erro de comando, ou mesmo, em que ponto da sequência de comandos o acionamento da bomba foi interrompido ou digitado erroneamente, para possibilitar ao operador uma recuperação do erro cometido numa situação de emergência como escape de vapor, fogo, queda repentina do sistema, onde sua atenção possa ter sido desviada. Para estas situações, pela urgência de intervenção e riscos presentes, a observação do entorno fica comprometida assim como a procura por informações na área para diagnóstico do equipamento.

Existem, na face do painel, comandos e sinalizações que não são de uso da operação, mas de outras áreas, por exemplo, informações para a equipe da manutenção (no painel as indicações luminosas de MPU,CPU, RMT), que não fazem o menor sentido para o operador: *“aquelas luzes verdes não querem dizer nada..”*.

O painel não apresenta um agrupamento diferenciando os comandos e informações, como o ilustrado na Figura 31, fazendo com que a carga cognitiva nas situações fora da rotina de operação seja maior e, por consequência, favoreça a ocorrência de erros.



B 59201 BT

Figura 31 – Conceito de sequência dos comandos operacionais

Fonte: Adaptada de Silva et al. (2008)

O painel da turbo bomba é um instrumento importado, onde foram mantidos os termos originais para a apresentação das informações, complicado pelo tamanho das letras e pela forma como algumas palavras são abreviadas, mesmo para quem está habituado com a língua inglesa.

A resposta dos operadores para todas estas deficiências apontadas acima surge na forma de diversos tipos de anotações, com a tradução dos termos, lembretes de operações relacionados com as turbo bombas, que estão ocorrendo no sistema, e trechos do padrão de operação fixados no painel e no corpo dos equipamentos (ver Figura 32).

Na Figura 32, estão apresentados em quatro diferentes espaços do painel, adesivos com as traduções dos significados das palavras que indicam os comandos (START = partida; EMER TRIP = Trip do governador) avisos e trechos dos padrões aderidos ao painel indicando necessidade de atenção para uma determinada operação de manutenção.

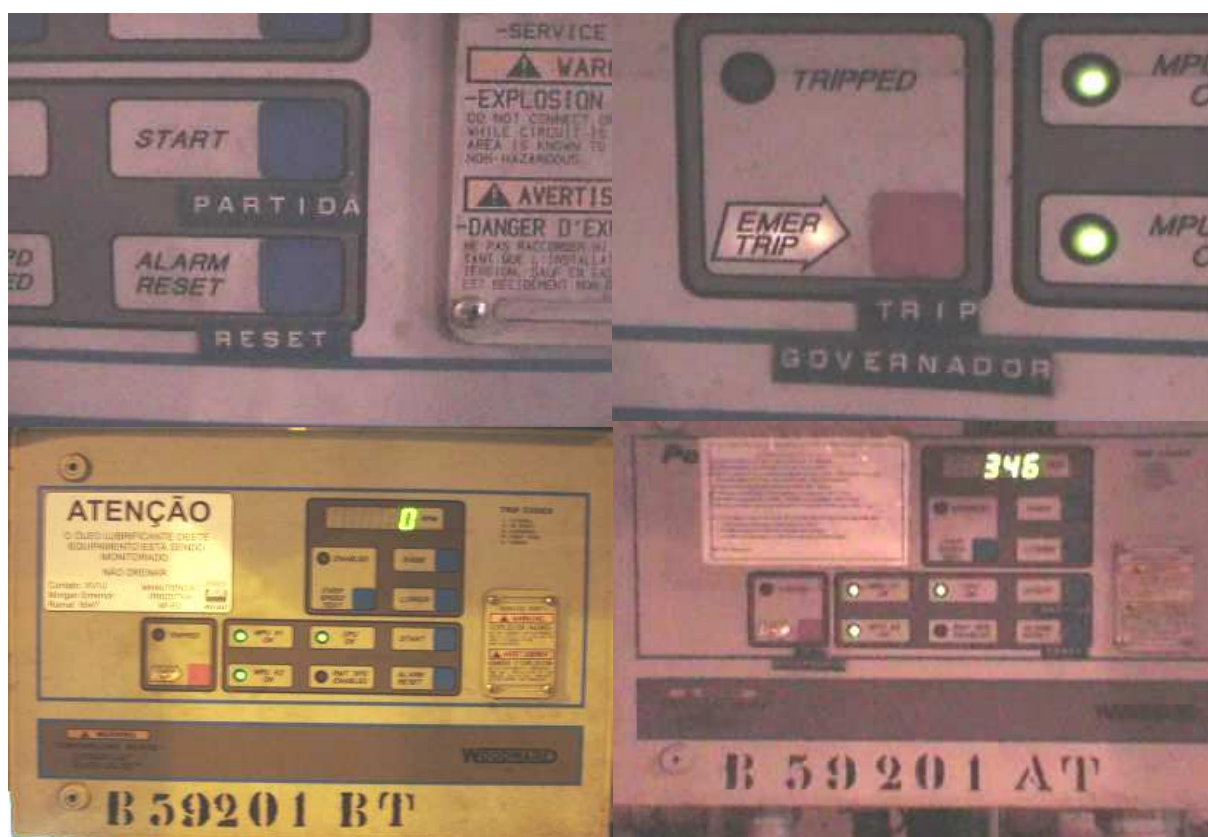


Figura 32 – Painéis das turbo bombas com adesivos dos operadores.

Fonte: Fotos do autor.

3.5 Discussão dos Resultados

O conceito confiabilidade humana na Empresa estudada, explicitado em normas, procedimentos e demais documentos internos, conforme apresentado na seção 3.3.5, apresenta uma racionalidade técnica mecanicista clássica, alinhada com as definições de Rook (1962) e Swain e Guttmann (1983), em que o ser humano é visto como um agente de não confiabilidade.

A situação apresentada caracteriza-se, entre outros fatores, como sendo um trabalho coletivo, que envolve tecnologias de processamento de produtos perigosos, com alta carga cognitiva (PERROW, 1984a, 1984b). Estão sempre presentes, portanto, componentes da carga física, cognitiva e psíquica (WISNER, 1987; GAILLARD, 1993).

Nessas situações, em que os profissionais dependem de colaboração à distância, a comunicação é essencial no trabalho. A comunicação não representa o meio de efetuação das tarefas, ela representa o cerne da atividade. A comunicação é reconhecida nessas situações como valor, e mesmo um valor de mercadoria: ela tem um custo, mas também produtividade.

A forma de organização do trabalho, como essa analisada, baseada em novas tecnologias de informação e de formas de controle do processo distantes da área de trabalho, torna a qualidade das comunicações entre os membros de um coletivo fundamental para a qualidade do trabalho realizado. Através das análises realizadas, observou-se que a comunicação no campo se dá entre os operadores via rádio, durante as situações de acompanhamento da atividade, e que problemas de funcionamento dos aparelhos são uma constante, seja por defeitos do próprio equipamento ou de sua bateria. O tipo de equipamento utilizado obriga o desvio lateral com inclinação da coluna cervical para que o operador possa ouvir melhor as transmissões. Tal situação é agravada pela grande intensidade de ruído presente na área de atuação, sem esquecer a devida utilização do protetor auricular. Observou-se também uma efervescente troca e sistematização de informações na casa de controle local, que supre, em vários aspectos, as lacunas (*gaps*) entre o trabalho prescrito e o real.

Adicionalmente, há vários problemas oriundos da adaptação da população, à tecnologia, que vão desde a necessidade de tradução de termos em inglês até questões semânticas relacionadas a diversos conceitos, que se refletem na confusa interpretação dos sinais luminosos. Várias dessas questões poderiam ter sido minimizadas se o pré-requisito do estudo ergonômico, conforme sugerido por Wisner (1991), tivesse sido feito quando da introdução dos SDCCD.

Existem algumas inconsistências e incompatibilidades na interpretação de conceitos e de termos, e em indicações de equipamentos. Eles são diferentes entre os administradores, entre os operadores, entre os operadores e os administradores (ver Figura 33).

Alguns exemplos encontrados na análise foram, por exemplo, os conceitos de Equipamento-Instrumento-Sistema Crítico, e Equipamento-Instrumento-Sistema Complexo. Os administradores e os operadores têm conceitos diferentes quanto à finalidade e ocasião de interpretação e aplicação desse termo, quais os objetivos e direcionamento de ações sobre os equipamentos e sistemas assim classificados. Há

também a banalização das sinalizações de criticidade, o que leva à percepção de que tudo é crítico, o que por si só já é uma deturpação desse conceito.



Figura 33– Conceitos de sinalização e cores.

Fonte: Fotos do autor

Outra situação de conflito mencionada é a sinalização por cores verde e vermelha com diferentes tipos de interpretação, trata-se de equipamento ou botoeira que está ativo ou parado, bloqueado ou disponível. O acúmulo de indicações de diferentes equipamentos em diferentes situações (verde ou/e vermelho) sobre o mesmo painel de instrumentação ou em quadros de instrumentos com luzes acesas junto a luzes apagadas de aparelhos de controle local e remoto sobre o mesmo painel.

Tais indicações solicitam a leitura de informações de diversos tipos sobre o mesmo painel e obrigam constante vigília, interpretação e julgamento pelo operador para processamento da informação e de seu significado, além da construção de formas próprias de sinalização através de múltiplas etiquetas, escritas e sinais sobre o equipamento.

A atividade de vigilância e controle dos instrumentos, constantemente exercida pelo operador, tem por objetivo intervir rapidamente frente à ocorrência de anormalidades.

De acordo com a bibliografia analisada, em situações de risco de confiabilidade e segurança como a estudada, a formulação, transmissão, compreensão das informações e instruções são cruciais. A clareza, evidência, precisão dos dados são fundamentais para interpretação e reação às mudanças do sistema. Por outro lado, a ação do homem dentro desses sistemas complexos é essencial, conforme já evidenciado por diversos autores (DEKKER, 2005, CRANDALL, KLEIN, HOFFMAN, 2006), e constatado também no contexto analisado, em que o operador é responsável por fazer escolhas e tomar decisões, obtendo informações, por vezes em situações adversas de trabalho, conforme apresentado nesta análise.

Na área industrial, assim como no painel e no corpo da turbo bomba, a visualização dos mostradores de vários instrumentos está prejudicada pela iluminação do local, pela falta de manutenção do visor, e por problemas de posicionamento do visor para leitura. Anotações de auxílio à informação são verificadas em vários equipamentos. Estão presentes também informações escritas em inglês, acúmulo de instruções, sobre a sequência de operação e manobras, anexadas sobre o corpo ou em torno ao equipamento. Há presença de informações no painel ou no corpo do equipamento que não se relacionam diretamente à rotina de trabalho do operador ou a manobra do equipamento (ver Figura 34).

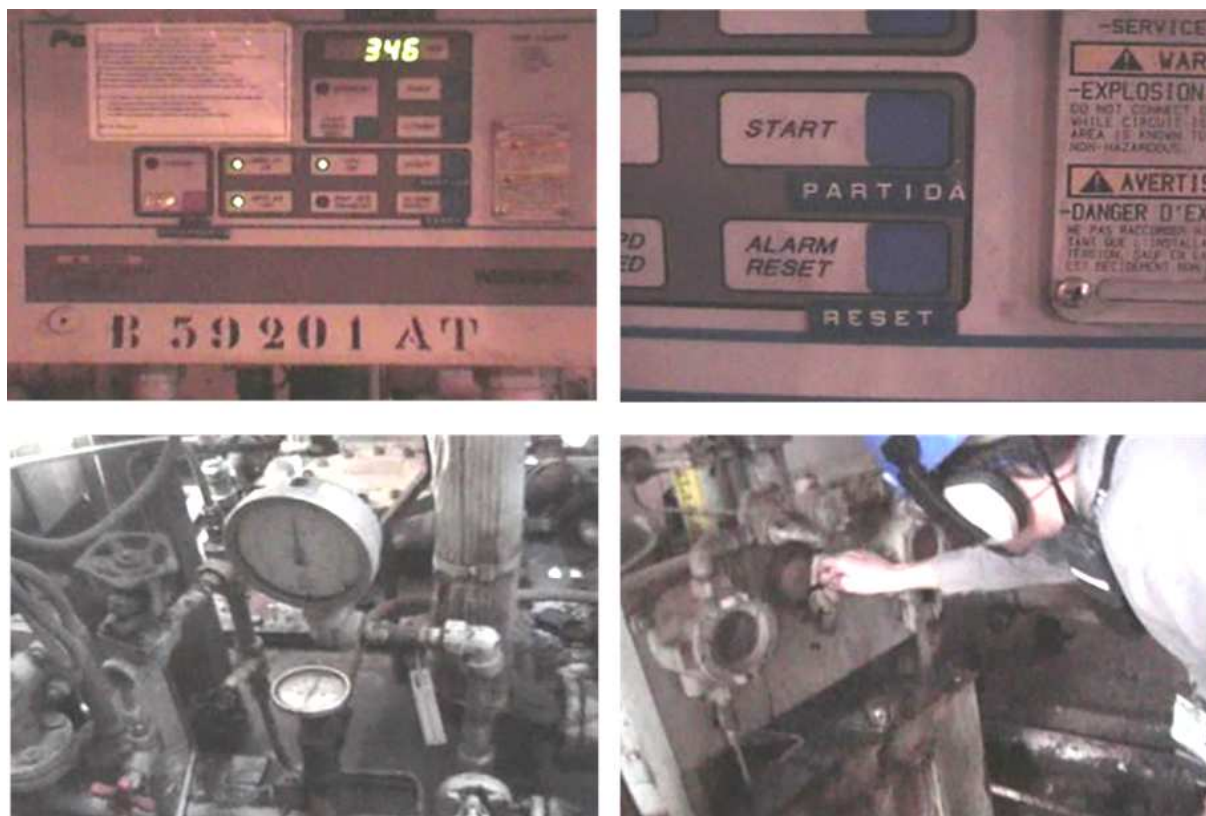


Figura 34 – Problemas de clareza, evidência e precisão das informações

Fonte: Fotos do autor

Os operadores criam verdadeiros sistemas de registros e transmissão de informação para dar conta da realização da sua tarefa e suprir as necessidades de comunicação que percebem em sua atividade as quais não estão disponíveis porque não foram formalmente previstas ou são insuficientes.

Esses sistemas de registros estão distribuídos na área industrial na forma de anotações no corpo de equipamentos, papéis com esquemas, quadros de informação, e denominações diferentes dos equipamentos (ver Figura 35).



Figura 35 – Sistemas e informações construídos pelos operadores

Fonte: Fotos do autor

Durante o acompanhamento da rotina do operador, verificou-se que a variabilidade e a complexidade do processo, a presença de cores e formas de sinalizadores, (que necessitam de interpretação quanto ao seu significado e validade), exigem a criação pelo operador de vários sistemas de “redundância” de informações, ou seja, após uma leitura de indicador de instrumento o operador avalia através de outro parâmetro de informação, pelas suas habilidades e seus sentidos como sua visão ou tato, seguindo sua experiência para confrontar com os dos instrumentos.

Configura-se com esse recurso o caráter de apoio às decisões e ações sobre informações complementares e não contraditórias, e que tal desconfiança no instrumento cumpre um papel fundamental à segurança do processo, sobretudo em se tratando de instalações com baixo grau de confiabilidade.

Os *checklists* da Empresa enfatizam o cenário nominal, crítica importante dos métodos de avaliação de confiabilidade, segundo diversos autores (REER, 2008; MOSLEH; CHANG, 2004; BERTOLINI, 2007).

O instrumento de anotação dos parâmetros dos equipamentos, *checklist*, não os diferencia por necessidade ou importância, é feita uma apresentação em lista uniforme dos dados com pequeno espaço para anotações e possíveis observações do operador (ver Figura 36). A manipulação do *checklist* é um problema a ser solucionado constantemente pelo operador para seu transporte, registro das informações e preservação de suas folhas na área industrial.

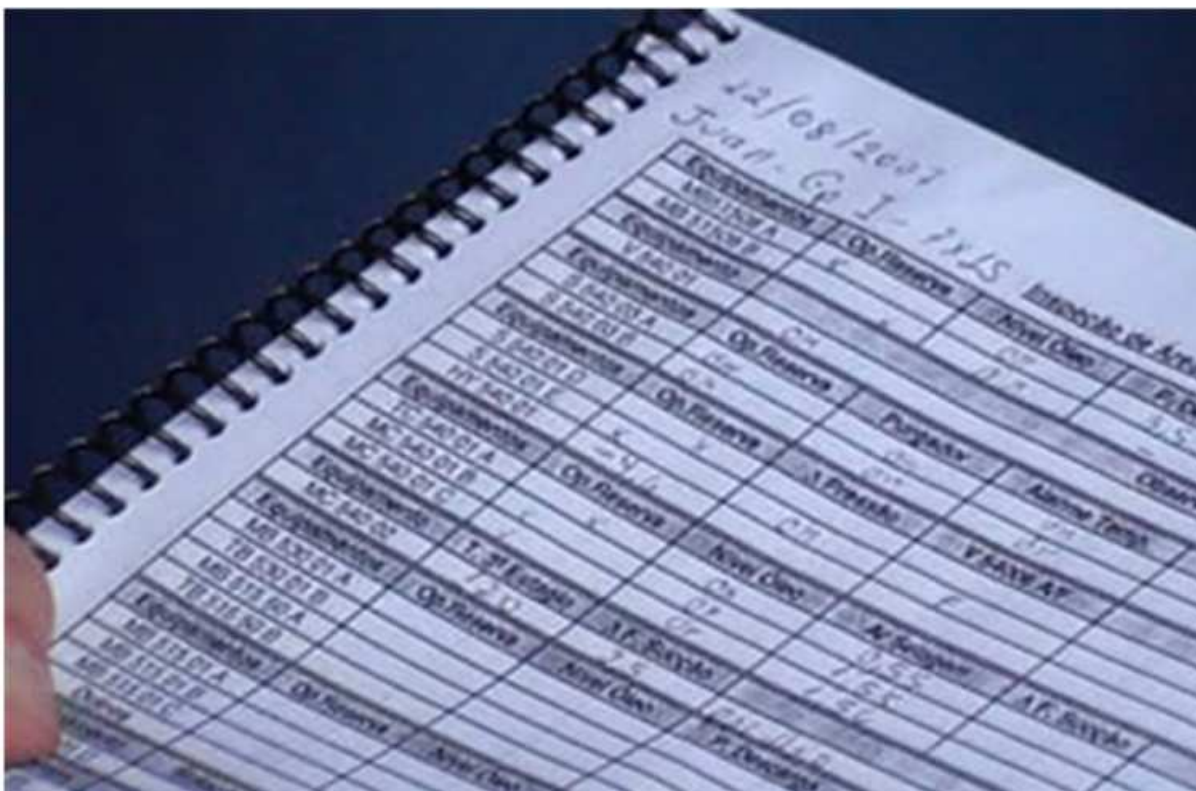


Figura 36 – *Checklist* utilizado pelos operadores.

Fonte: Foto do autor.

O conceito compartilhado pelos operadores do significado de cada elemento de informação é que garante e fundamenta as decisões para as ações que devem ser realizadas; é o que assegura uma coordenação das ações individuais e coletivas nas resoluções de problemas novos e complexos que possam ocorrer diariamente. O conceito comum dos significados da informação é componente da construção de uma imagem geral do estado do sistema pelo coletivo de trabalho.

O distanciamento (*gap*), entre o trabalho prescrito e o real é significativo e exige grande esforço cognitivo dos operadores para superar as adversidades encontradas para a execução da tarefa. São muitas as estratégias adotadas pelos operadores para mitigar na prática esses *gaps*, tanto individual quanto

coletivamente, através de comunicação intensa e adoção de ações integradas. Nesse sentido, os operadores são agentes de confiabilidade, pois consegue contornar os possíveis flutuações dos sistemas através de sua variabilidade de reações (FAVERGE, 1970; QUEINEE; DE TERSSAC, 1987).

Geralmente esses procedimentos, como os apontados acima, são pouco considerados pela gerência que, em geral, os percebe como expressões de uma resistência injustificada à mudança, principalmente durante a implantação de sistemas automatizados (FERREIRA, 1996).

3.5.1 Proposições

O estudo da situação de trabalho e do painel de operação da turbo bomba, bem como a análise da atividade do operador, identificaram a presença de um *gap* existente entre tarefa e a atividade real do trabalho. A representação predominante da tarefa na gerência da área analisada, e o entendimento de quais seriam as necessidades de operação do equipamento, que orientaram os designers e condutores de processos de inovação, resultam em ineficiência, erros e prejuízos de concepção, como os descritos em estudo de Garrigou e Daniellou (1995).

O painel implementado como governador da turbo bomba demonstra ter tido um design focado no funcionamento do próprio painel governador e não ter considerado as necessidades dos seus futuros usuários.

Com base neste diagnóstico validado pela equipe de ergonomia e pelos trabalhadores da situação analisada, foram feitas propostas de modificação e melhorias, que resultaram em futuras intervenções na área e no equipamento.

As principais propostas de modificações e melhorias foram:

- Uniformidade dos conceitos e informações fornecidas pelos equipamentos e instrumentos (indicadores): clareza, visibilidade, formas de apresentação;
- Diferenciação de locais e equipamentos eleitos como Complexos e Críticos;
- Informações e controles a respeito de todo o sistema, acessíveis e próximos do operador;
- Constituir um arsenal de registros e trocas de experiências em ações e procedimentos, que a vivência operacional proporciona.

3.5.2 Intervenções específicas no equipamento TB59201AB

Especial atenção foi dada ao painel da turbo bomba, dadas as significativas necessidades de adaptação dos operadores ao equipamento, conforme já mencionado.

Como não era intenção da Refinaria a aquisição de um novo equipamento, optou-se então pelo reprojeto do painel.

O reprojeto foi condicionado por um conjunto de restrições, como a impossibilidade técnica de mudanças estruturais no painel atual da turbo bomba. Para discutir os princípios que norteariam o reprojeto, bem como as restrições e as alternativas de projeto; a dinâmica de trabalho mesclou ciclos de observação direta e registros das atividades no painel, reuniões para discussão dos princípios e restrições, fases de proposta de alternativas de projeto, reuniões de seleção de alternativas pelos operadores, grupo de confiabilidade da Refinaria e os supervisores da área, seguida da fase de projeto propriamente dita, com várias etapas de discussão do projeto.

As intervenções propostas no equipamento foram orientadas a partir dos seguintes princípios:

- Agrupamento por funções dos comandos no painel, diferenciando a cor do campo de fundo no comando;
- Indicação da sequência de acionamento dos comandos;
- Retro-informação por indicação no painel, sobre o estado do equipamento e dos comandos acionados;
- Tradução das informações sobre o painel;
- Iluminação do painel da bomba;
- Identificação da bomba no campo como crítica para o sistema (cor, luz);
- Posicionamento dos mostradores dos instrumentos indicadores de pressão e temperatura;
- Identificação de áreas críticas (zonas vermelhas) nos mostradores dos instrumentos indicadores de pressão e temperatura; e
- Prioridades no tipo e qualidade das informações necessárias em toda a área, nos equipamentos e painéis, remoção de equipamentos inativos.

Destaque-se que os princípios que nortearam o reprojeto do painel de controle, tais como a tradução dos termos e o agrupamento dos comandos por

funções; incorporação a perspectiva dos operadores na configuração, posto que, as ações produzidas pela organização do trabalho real, puderam ser incorporadas.

Como havia restrição de mudanças estruturais no painel atual da turbo bomba, a solução de reprojeto foi a construção de um artefato confeccionado em material compatível com o ambiente, o que o grupo denominou de máscara, a ser colocada sobre o painel, na qual foram incorporadas as soluções propostas. As fases iniciais desse projeto foram publicadas em Silva et al. (2008).

O resultado desta intervenção pode ser analisado comparando-se o antigo painel com o novo, conforme ilustra a Figura 37.

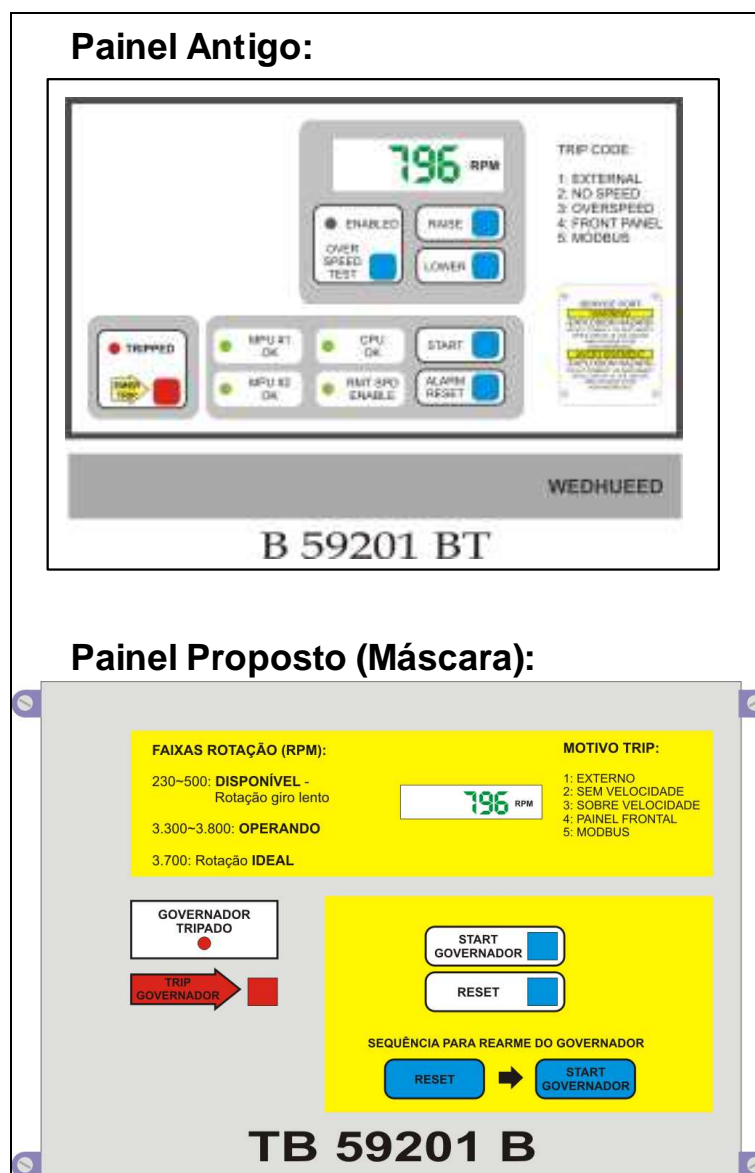


Figura 37 - Resultado do reprojeto do painel.

Fonte: Adaptado de Silva . (2008)

Porém, a máscara não resolve todos os problemas dessa interface, devido às restrições técnicas impostas, visto que ainda não há retorno para o operador sobre a atuação nos comandos e também não há indicação de abertura da válvula de regulação.

A solução mais adequada para este caso, além do atendimento aos princípios propostos, seria a interligação deste painel eletrônico ao SDCD. Dessa forma, o operador de campo também poderia acompanhar as informações pelo SDCD, tendo assim o retorno da informação, o que daria maior flexibilidade operacional ao sistema.

4 CONCLUSÕES

Quatro objetivos foram estabelecidos para essa dissertação e serão resgatados nessa seção de fechamento.

O primeiro objetivo, a construção de um quadro teórico-conceitual, que relacionasse a ergonomia com a confiabilidade humana, foi elaborado a partir de uma busca ampla nas bases científicas de dados, seguida de tratamento através de técnicas de bibliometria e análise de conteúdo (DIODATO, 1994). Essa opção metodológica permitiu traçar um panorama da área, identificando as obras e autores de maior influência e identificar as lacunas e tendências, aspectos positivos do método salientado por diversos autores. (CULNAN, 1987; TAHAI; MEYER, 1999).

O processo de mapeamento das publicações permitiu identificar 304 artigos, que totalizam 1.872 citações, sobre confiabilidade humana na base científica *ISI Web of Knowledge*. A área predominante das discussões de confiabilidade humana nessa base é a engenharia industrial, seguida da área de gestão de operações. Deste universo, apenas 50 artigos são classificados na área de ergonomia (16%), com 471 citações (25%). A essa literatura somaram-se os textos de ergonomia.

No contexto internacional, observou-se a influência das pesquisas de Kirwan, cuja vasta obra tanto individual (KIRWAN, 1987, 1992a e b, 1996, 1997, 2003), como junto à colaboradores (SHORROCK; KIRWAN, 2002; KIRWAN ., 1997; SHORROCK ., 2001; KIRWAN; SCANNALI; ROBINSON, 1996) apresenta importância significativa, pois representa 20% do total de artigos na fronteira das áreas de ergonomia e confiabilidade humana e 33% das citações, considerando-se a base *ISI Web of Knowledge* como referência.

Até devido à influência de Kirwan, cuja contribuição está fortemente relacionada aos métodos de análise de confiabilidade humana, com apoio de questionários e softwares de simulação, observa-se que boa parte da literatura em periódicos preocupa-se com essa temática, que tem o foco central em cenários nominais, e, portanto, na perspectiva da ergonomia foca apenas na tarefa, no trabalho prescrito (WISNER, 1987; GUÉRIN *et al*, 1991). Essa abordagem alinha-se à literatura da engenharia industrial sobre o tema confiabilidade humana, uma das predominantes nas bases científicas.

Menor espaço nas bases científicas é ocupado por trabalhos cuja preocupação com a confiabilidade humana é centrada no trabalho real e no seu caráter social. Esses trabalhos buscam uma mudança na mentalidade e no conceito de confiabilidade humana, que privilegie um modelo de compreensão e domínio seguro das situações, entendendo o erro como uma variável acessória (WILSON, 1994; ALMABERTI, 2007). Também alinhadas estão as publicações que ressaltam o papel do operador como agente da confiabilidade (FAVERGE, 1970, de KEYSER, 1982) e da recuperação das deformações e minimização das sequelas (WREATHALL, 2006), não o contrário, como destaca a literatura predominante, cujo objeto é o erro humano, ou seja, sua identificação e a construção de barreiras para evitá-los.

Quanto à evolução das publicações ao longo do tempo, verificou-se uma consolidação nas últimas duas décadas com picos em anos recentes 2004, 2006 e 2008. Alguns artigos mais recentes discutem confiabilidade humana na área de ciências da computação, com influência das áreas de psicologia e de ciências comportamentais (BEDNY; KARWOWSKI; BEDNY, 2010; CHUNG; BYRNE, 2008; VAN DER LINDEN *et al.*, 2001). Também aparece a conexão entre confiabilidade humana e engenharia de resiliência (SHORROCK *et al.*, 2001; WILSON *et al.*, 2009).

No Brasil observou-se que o tema ainda é pouco tratado com apenas dois artigos em periódico nacional, Menezes e Drogue (2007) e Oliveira e Selitto (2010), ambos publicados na revista *Produção*. Também foi identificado apenas um artigo de pesquisadores brasileiros dentre os 50 artigos levantados na *ISI Web of Knowledge*, de Carvalho, Vidal e De Carvalho (2007).

Os demais objetivos da dissertação foram desenvolvidos ao longo da pesquisa de campo que mesclou as metodologias de pesquisa ação (COUGHLAN; COUGHLAN, 2002), com análise ergonômica do trabalho (WISNER, 1987; GUÉRIN *et al.*, 1991).

O segundo objetivo, investigar a forma de gestão de confiabilidade prescrita pela Empresa estudada, permitiu constatar alguns aspectos já apontados na análise do quadro teórico. A primeira constatação é a de que a Empresa estudada apresenta uma visão mecanicista clássica (ROOK, 1962; SWAIN; GUTTMANN, 1983), visão predominante também na literatura. A Empresa foca a atuação na área

de confiabilidade na identificação dos erros e construção de barreiras através de procedimentos, *checklists* e outras alternativas de prescrição.

O tipo de gerenciamento e concepção é do tipo descendente (*top-down*), centrada em tecnologia, sem a participação dos futuros usuários, gerando incongruência entre as perspectivas nominal e a da realidade dos resultados. Conforme sugere a literatura, verificou-se claramente a existência de um distanciamento entre o trabalho real desenvolvido pela operação e a percepção da gerência deste mesmo trabalho (GARRIGOU, DANIELLOU, 1995).

Além disso, a Empresa vê o trabalhador como um agente de não confiabilidade, com tendência à sua culpabilização.

Não obstante, evidenciou-se o papel fundamental do trabalhador como um agente de manutenção e de construção de elementos de confiabilidade do sistema (terceiro objetivo dessa dissertação). São muitas as estratégias adotadas pelos operadores para mitigar na prática as lacunas entre o trabalho prescrito e o real, quer de formas isoladas quer coletivas. Nesse sentido, corrobora-se a abordagem de que os operadores são agentes de confiabilidade (FAVERGE, 1970; QUEINEE; DE TERSSAC, 1987).

O esforço dos trabalhadores em mitigar essas lacunas intensificam a sua carga física, cognitiva e psíquica, catalisadas pela complexidade e periculosidade do sistema analisado (PERROW, 1984a, 1984b, WISNER, 1987; GAILLARD, 1993); e esse distanciamento (*gap*), resulta ainda em impacto negativo na manutenção da estabilidade do sistema como confiável, o que só pode ser sanado com a efetiva participação dos trabalhadores no processo de inovação, transformações e gestão da confiabilidade.

Finalmente, o último objetivo de propor intervenção sobre a Turbo Bomba (TB), considerando as estratégias e elementos desenvolvidos pelos trabalhadores para sua operação, pôde resgatar no reprojeto parte do trabalho real dos operadores. No entanto, as restrições impostas ao reprojeto limitaram a solução, mas o processo participativo ajudou a sistematizar as discussões dos operadores, do grupo de confiabilidade da Refinaria e dos pesquisadores envolvidos.

A análise do projeto desenvolvido nessa intervenção ergonômica buscou observar a premissa de que a implantação de novas tecnologias e inovações de processo refere-se não somente ao desenho de uma nova interface, mas à

construção de toda uma nova situação de trabalho, tendo como aspecto principal a abordagem centrada no trabalho do usuário.

Da análise desenvolvida e de sua comparação com a bibliografia pesquisada os resultados mostram que a Empresa não demonstra, nessa área operacional, ter uma metodologia corporativa estabelecida para implantação de projetos de inovação e mudanças de processo e de operação, sendo a forma de gerenciamento definida pelos gerentes de área ou de projetos localizados, com base em seus conhecimentos e experiências anteriores.

A participação do ergonomista nos projetos de identificação, concepção e implementação de inovações pode aproximar o projeto da realidade de sua aplicação pelo usuário final, das novas habilidades e conhecimentos exigidos e promover a maior integração das competências operacionais no desenvolvimento do projeto de inovação. Fundamentalmente pelo caráter que a AET apresenta como fator intrínseco: a participação dos trabalhadores e análise do trabalho e da situação a partir de uma vertente ascendente (*bottom-up*).

O método de análise ergonômica do trabalho associado à participação dos trabalhadores na concepção do novo painel gerou para o grupo de trabalhadores participantes, um novo conceito e percepção da forma como pode ser implementada uma inovação no processo produtivo, da resolução e encaminhamentos das exigências e necessidades de operação de uma nova situação de trabalho.

O próprio caso estudado, com os problemas na interface do painel da turbo bomba, demonstrou que os novos equipamentos, instrumentos e transformações, quando implementados, são especificados de forma isolada em relação ao contexto operacional. Conseqüentemente, gera-se situações em que o sistema, da forma como foi construído, engessa ou dificulta a possibilidade de resposta pelos operadores aos problemas encontrados (no caso problemas de comunicação e problemas de manutenção, por exemplo).

Essa pesquisa aponta para a necessidade de estudos de confiabilidade humana devido à carência de literatura e casos empíricos que ajudem a incorporar a dimensão do trabalho real ao estudo do tema, o que constitui uma agenda de trabalhos futuros. A aproximação deste tema com o de resiliência de um sistema também carece de maior base empírica.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J. Ergonomia: modelo, métodos e técnicas. In: **Anais** do Congresso Latino-Americano, 2. Seminário Brasileiro de Ergonomia, 6., Florianópolis, 1993.

ADAMS, JA. Issues In Human Reliability. **Human Factors**, v. 24, n. 1, p. 1-10, 1982

AHONEM, M; LAUNIS, M.; KUORINKA, T. **Ergonomic Workplace Analysis**. Ed.: Finnish Institute of Occupational Health. Finland: Helsinki, 1989.

ALGERA, J. A., KOOPMAN, P. L., VIJLBRIEF, H. P. J. Management Strategies in Introducing Computer-based Information Systems. **Applied Psychology: An International Review**, v. 39, n. 1, p. 87-103, 1989

AMALBERTI, R. Da gestão dos erros à gestão dos riscos. In FALZON, P. **Ergonomia**, Ed Blucher, 2007, capítulo 17, p. 235-247.

ANDERSSON, R. E., A Systems Approach To Product Design And Development An Ergonomic Perspective, **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 6, 1990.

ARAÚJO, AJS. **Paradoxos da modernização: terceirização e segurança em uma refinaria de petróleo**. Tese (Doutorado em Saúde Pública). Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2001. 370 p.

BABER, C; STANTON, NA. Human Error Identification Techniques Applied to Public Technology: Predictions Compared With Observed Use. **Applied Ergonomics**, v. 27, n. 2, p. 119-131, Apr 1996.

BABER, C; STANTON, NA. Task-Analysis for Error Identification - A Methodology for Designing Error-Tolerant. **Consumer Products. Ergonomics**, v. 37, n. 11, p. 1923-1941, Nov 1994.

BAINBRIDGE, L. Ironies of Automation. In: RASMUSSEN, J.; DUNCAN, K.; LEPLAT, J. **New Technology and Human Error**. New York: John Wiley & Sons Ltd., 1987.

BARROSO, MP, WILSON, JR. Hedoms - Human Error and Disturbance Occurrence in Manufacturing Systems: Toward the Development of an Analytical Framework. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing**, v. 9, n. 1, p. 87-104, Win 1999.

BERTOLINI, M. Assessment of Human Reliability Factors: A Fuzzy Cognitive Maps Approach. **International Journal of Industrial ergonomics**, v. 37, n. 5, p. 405-413, May 2007.

BES, MO. A Case Study of a Human Error in a Dynamic Environment. **Interacting with Computers** v. 11 n. 5 p. 525-543 may 1999.

BORGATTI, S.P.; EVERETT, M.G. & FREEMAN, L.C. **UCINET 6.0** Version 1.00, Analytic Technologies, Natick, 1999.

BRANT, V. C. (coord); COMIM, Á. A., CARDOSO, A. M.; BRANT, W. C. **Paulínia: petróleo e política**, Ed.: Sindicato dos Petroleiros de Campinas e Paulínia e CEBRAP- Centro Brasileiro de Análise e Planejamento, SP, 1990.

BRENNER, P., LANFREDI, A.R. **Relatório do grupo de Trabalho - Ocorrência de mercúrio na Refap**, Petrobrás, Canoas, R.S. abril 1997.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London: Unwin Hyman, London, 1989. 283 p.

CARRARA, A.A. LOPES, J.C. MARTORELLO, N.A. VITÓRIO, W.R. **“Segurança” na Replan**. Sindipetro, Campinas, 1992. (texto técnico integrante do procedimento da PRT, 15a. Região, que antecedeu a Ação Civil Pública contra a Replan, em 1994).

CARRION, R. M. Reestruturação Produtiva, processo de trabalho e qualificação dos operadores na indústria petroquímica no Rio Grande do Sul. Tese de doutorado. Escola de Administração, UFRGS, Porto Alegre, 1998.

CARVALHO, P. V. R.; VIDAL, M. A sociotechnical review of the REDUC's oil pipeline accident occurred in 18-01-2000 in Rio de Janeiro, In: **Proceedings** of the

International Conference on Computer-Aided Ergonomics and Safety, (CAES 2001), Maui, Hawaii, USA, Aug, 2001.

CARVALHO, PVR; VIDAL, MCR; DE CARVALHO, EF. Nuclear Power Plant Communications in Normative and Actual Practice: A Field Study of Control Room Operators' Communications. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing** v. 17 n. 1 p. 43-78 Jan-Feb 2007

CATCHPOLE, KR, GIDDINGS, AEB, DE LEVAL, MR, PEEK, GJ; GODDEN, PJ; UTLEY, M; GALLIVAN, S; HIRST, G; DALE, T. Identification of Systems Failures in Successful Paediatric Cardiac Surgery. **Ergonomics**, v. 49, n. 5-6, p. 567-588, Apr-May 2006.

CHOUERI JR., N. **Equipes de Perfuração Marítima - Uma Análise das Relações Sociais das Condições de Trabalho e Produtividade**. Dissertação (Mestrado, Engenharia de Petróleo). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1991.

CHRISTY RL, RASMUSSEN JE Human Reliability Implications of US Navys Experience in Screening and Selection Procedures. **American Journal of Psychiatry**, v. 120, n.6, p. 540-&, 1963.

CHUNG, PH; BYRNE, MD. Cue Effectiveness in Mitigating Postcompletion Errors in a Routine Procedural Task. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 66, n. 4, p. 217-232, Apr 2008.

COUGHLAN, P; COUGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

CRANDALL, B., KLEIN, G., HOFFMAN, R, **Working minds: a practitioner's guide to cognitive task analysis**, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2006.

CRIVELLARI, HM.; TEIXEIRA, FLC. Impactos da tecnologia de base microeletrônica na indústria de processo contínuo: um estudo de caso na Petroquímica. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 122-142, 1990

CULNAN MJ. Mapping the intellectual structure of MIS, 1980–1985: a co-citation analysis. **Management of Information System Quarterly**, v. 11, n. 3, p. 341–353, 1987.

DEJOURS, C **Da psicopatologia à Psicodinâmica do Trabalho**, Ed. Paralelo e Ed. Fiocruz, 2004.

DEJOURS, C. Construire sa santé. In: CASSOU B.; HUEZ,D.; MOUBEL, M.C.; SPTIZER, C.; TOURANCHET, A. **Les risques du travail: pour ne pas perdre sa vie à la gagner**. Paris, la decouvert, 1985.

DEJOURS, C. Por um Trabalho, Fator de Equilíbrio. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, Mai./Jun, 1993.

DEJOURS, C. A Loucura do Trabalho. Ed, Cortez-Oboré, 1987.

DEKEYSER, V; VANDAELE, A. Human Reliability, Safety, Automatization - Study of Operators on Manual Command Lathe and Computer Numerically Controlled Lathe. **Travail Humain**, v. 49, n. 2, p. 117-135, Jun 1986.

DEKKER, S, **Ten questions about human error – a new view of human factors and system safety**, Lawrence Erlbaum Associates, Taylor & Francis Group, 2005.

DIODATO, V. **Dictionary of Bibliometrics**. Haworth Press: Binghamton, NY, 1994

DRAY, S.M. **Macroergonomics in organizations: an introduction**. Ergonomics International. London: Taylor & Francis, 1985.

DRUCK, G. **Terceirização: (Des)Fordizando a Fábrica - um estudo do complexo petroquímico da Bahia**, Tese (Doutorado em Ciências Sociais), Unicamp, Campinas, mimeo, 1995, 275p.

DUARTE, F.J.C. (org.) **Ergonomia e Projeto na Indústria de Processo Contínuo**; Ed. Lucerna, 2002.

DUARTE, F.J.C. **A análise ergonômica do Trabalho e a Determinação de efetivos: Estudo da Modernização de uma refinaria de petróleo no Brasil**. Tese

(Doutorado em Engenharia de Produção) COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995.

DURAFFOURG, J. La relation santé-travail: une question complexe. In: Cassou B.; Huez,D.; Moubel, M.C.;Sptizer, C.; Touranchet, A. **Les risques du travail: pour ne pas perdre sa vie à la gagner**. Paris, la decouvert, 1985.

DUTRA, Luis E. D. Por uma história alternativa do petróleo. In FREITAS,M.A., DUTRA, L.E. D. (orgs.), **Pesquisas recentes em energia, meio ambiente e tecnologia**. Coppe, UFRJ, 1996.

DWYER, T. **Abordagens Participativas: Novas Fronteiras nos Estudos do Trabalho**, Unicamp/IFCH, encontro anual da ANPOCS, 2000.

FALZON, P. **Ergonomia**, Ed Blucher, 2007.

FARIA, A. Terceirização: Um desafio para o movimento sindical. In: Ramalho, HS.; Ramalho, JR (Orgs.). **Terceirização: diversidade e negociação no mundo do trabalho**, p. 41-61. São Paulo: Hucitec- CEDI/NETS, 1994

FAVERGE, J.M. L'homme, agent de fi abilité et d'infi abilité du processus

FAVERGE, J.M. **Psychosociologie des accidents de travail**. Paris: Presses Universitaires de France. 1967.

FERREIRA, L.L., MACIEL, R.H., PARAGUAY, A.I. A Contribuição da Ergonomia. In **Isto é Trabalho de Gente? Vida doença e Trabalho no Brasil**. Buschinelli J., Rocha, L. E., Rigotto, R.M. (org.). Ed. Vozes, 1993.

FERREIRA, L.L; IGUTI, A.M. **O Trabalho dos Petroleiros: perigoso, complexo, contínuo, coletivo**. Ed. Scritta, São Paulo, 1996.

FERRO, JR., TOLEDO, JC., TRUZZI, OM. Automação e trabalho em indústrias de processo Contínuo. **Revista Brasileira de Tecnologia**. Brasília, v. 18, 1: 56-63, 1987

FIGUEIREDO, P. J.M **A Sociedade do lixo. Os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. Editora Unimep, 1a. ed., 1994, Piracicaba.

FISCHER, F.M. **Condições de trabalho e de vida em trabalhadores de setor petroquímico**. Tese (Livre-Docência em Saúde Ambiental). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 1990.

FURUTA, K, KONDO, S. An Approach to Assessment of Plant Man-Machine Systems by Computer-Simulation of an Operators Cognitive-Behavior. **International Journal of Man-Machine Studies**, v. 39, n. 3, p. 473-493, Sep 1993.

GAILLARD, A. W. K. Comparing the concepts of mental load and stress. **Ergonomics**, v.36, n. 9, p. 991-1005, 1993.

GARCIA, L.M. **Automação e qualificação: O trabalho dos operadores da indústria de refino**.

GARRIGOU A., DANIELLOU F., CARBALLEDA G., RUAUD S., Activity Analysis in Participatory Design and Analysis of Participatory Design Activity, **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 15, 1995.

GOLDENSTEIN, M. **Desvendar e conceber a organização do trabalho: uma contribuição da Ergonomia para o projeto de modernização de uma refinaria de petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). COPPE, UFRJ, abril 1997.

GONÇALVES, F.M. **A confiabilidade dos fatores humanos em unidades de processamento de refinarias de petróleo**, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). COPPE, UFRJ, 1996

GUÉRIN, F. LAVILLE,A.; DANIELLOU, F. ; KERGUELEN, A. **Comprendre le travail pour le transformer, la pratique de l'ergonomie**. Montrouge, Ed. Anact, 1991.

GUÉRIN, F.; LAVILLE,A.; DANIELLOU, F.; KERGUELEN, A. **Compreender o Trabalho para Transformá-lo, a prática da ergonomia**. Ed Edgard Blucher, 2004.

HELFRICH, H. Human Reliability from a Social-Psychological Perspective. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 50, n. 2, p. 193-212, Feb 1999.

HOLLNAGEL E., Resilience: the challenge of unstable. In Hollnagel E., Woods D., Leveson N. (Eds.) **Resilience engineering**, USA: Ashgate Publishing, 2006.

HOLLNAGEL, E. **Cognitive reliability and error analysis method**. England Elsevier Science, 1998.

INVERNIZZI, N. **Novos rumos do trabalho. Mudanças nas formas de controle e qualificação da força de trabalho brasileira**, Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnologia). Instituto de Geociências, Unicamp, 2000.

JOICE, P; HANNA, GB; CUSCHIERI, A. Errors enacted during endoscopic surgery - a human reliability analysis. **Applied Ergonomics**, v. 29, n. 6, p. 409-414, 1998.

KARWOWSKI, W. Complexity, Fuzziness, and Ergonomic Incompatibility Issues in the Control of Dynamic Work Environments. **Ergonomics** v. 34 n. 6 p. 671-686 Jun 1991.

KHAZANCHI S., LEWIS M.W., BOYER K.K.; Innovation-supportive culture: The impact of organizational values on process innovation, **Journal of Operations Management** 2007.

KIM, I. S. Human reliability analysis in the man-machine interface design review. **Annals of Nuclear Energy**. Vol. 28, p. 1069-1081, 2001.

KIRWAN, B, Human Error Identification in Human Reliability Assessment.2. Detailed Comparison of Techniques. **Applied Ergonomics**, v.23, n.6, p. 371-381, 1992b.

KIRWAN, B, KENNEDY, R, TAYLORADAMS, S, LAMBERT, B. The Validation Of Three Human Reliability Quantification Techniques - THERP, Heart And Jhedi.2. Results of Validation Exercise. **Applied Ergonomics**, v. 28, n. 1, p. 17-25, Feb 1997.

KIRWAN, B. **A guide to practical human reliability assessment**. London: Taylor & Francis, 1994.

KIRWAN, B. An Overview of a Nuclear Reprocessing Plant Human Factors Programme. **Applied Ergonomics**, v. 34, n. 5, p. 441-452, Sep 2003.

KIRWAN, B. Human Error Identification in Human Reliability Assessment.1. Overview of Approaches. **Applied Ergonomics**, v.23, n.5, p. 299-318, 1992a.

KIRWAN, B. Human Reliability-Analysis of an Offshore Emergency Blowdown System. **Applied Ergonomics**, v. 18, n. 1, p. 23-33, Mar 1987.

KIRWAN, B. The Validation of Three Human Reliability Quantification Techniques THERP, HEART and JHEDI.1. Technique Descriptions and Validation Issues. **Applied Ergonomics**, v. 27, n. 6, p. 359-373, Dec 1996.

KIRWAN, B. The Validation of Three Human Reliability Quantification Techniques - Therp, Heart and Jhedi.3. Practical Aspects of the Usage of the Techniques. **Applied Ergonomics**, v. 28, n. 1, p. 27-39, Feb 1997.

KIRWAN, B; SCANNALI, S, ROBINSON, L. A Case Study of a Human Reliability Assessment for an Existing Nuclear Power Plant. **Applied Ergonomics**, v. 27, n. 5, p. 289-302, Oct 1996.

KOGI K., Participatory Methods Effective for Ergonomic Workplace Improvement, **Applied Ergonomics**, v. 37, p. 547–554, 2006.

KONTOGIANNIS, T.; LEOPOULOS, V.; MARMARAS, N. A Comparison of Accident Analysis Techniques for Safety-Critical Man-Machine Systems. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 25, n.4, p. 315-453, 2000.

KONTOGIANNIS, T; EMBREY D. A User-centered design approach for introducing computer-based process information systems. **Applied Ergonomics**, v. 28, n. 2, 1997.

LATORELLA, KA, PRABHU, PV. A Review of Human Error in Aviation Maintenance and Inspection. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 26, n. 2, p. 133-161, Aug 2000.

LAVILLE, A. **Histoire e géographi de l'ergonomie française**. INSERM, 1988.

LAVILLE, A. Ergonomia. Editora da USP, 1977.

LEPLAT J. Relations between task and activity: elements for elaborating a framework for errors analysis. **Ergonomics**, v. 33, n.10/10, p. 1389-1402, 1990.

LEPLAT, J. **Erreur humaine, fiabilité humaine dans le travail**. Paris: Armand Colin, 1985.

LEPLAT, J.; TERSSAC, G. **Les Facteurs Humains de la Fiabilité dans le Systemes Complexes**. Paris: Ministère de la Recherche et la Technologie, 1990.

LIMA, F.P.A. Ergonomia das Novas Tecnologias, Saber prático e objetivação do conhecimento, ENEGEP, **Anais**, 1998.

LIMA, FPA. **Ergonomia**. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Belo Horizonte UFMG/DEP, 1992

LLORY, M. **Acidentes Industriais, o Custo do Silêncio**; Multimais Editorial, 1999.

LYONS, M. Towards a Framework to Select Techniques for Error Prediction: Supporting Novice Users in the Healthcare Sector. **Applied Ergonomics**, v. 40 n. 3 p. 379-395, May 2009.

MARINHO, P.R.G., SEVÁ Fo., A.O, VASCONCELLOS, E.S; AMARAL, M. **Os Subterrâneos da Bacia. As mortes, os riscos e a ilegalidade na exploração e produção de petróleo da bacia de Campos**. Dossiê do Sindicato dos petroleiros do Norte Fluminense para a Comissão parlamentar de Inquérito que apura “falta de segurança e condições de trabalho nas plataformas petrolíferas do Estado do Rio de Janeiro, cf a resolução 509/97 da ALERJ”. SindipetroNF, Macaé, 6 de junho de 1997

MARMARAS, N.; PAVARD, B. A methodological framework for development and evaluation of systems supporting complex cognitive tasks. **Cognition, Technology & Work**, v.1, n.4 , p. 222-236, 1999.

MEISTER, D Methods of Predicting Human Reliability in Man-Machine Systems. **Human Factors**, v. 6, n.6, p. 621-646, 1964.

MENDES, R. **Patologia do trabalho**. Rio de Janeiro: Ed. Atheneu, 1995.

MENEZES, LC. M. **A organização do trabalho em indústrias químicas**, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). COPPE, UFRJ, 1985.

MENEZES, RCS; DROGUETT, EL. Análise da confiabilidade humana via redes Bayesianas: uma aplicação à manutenção de linhas de transmissão. **Produção**, v.17, n.1, p. 162-185, 2007.

MONTMOLLIN, M. **L'intelligence de la tâche: Eléments d'ergonomie cognitive**. Berne, Peter Lang, 1984

MOSLEH, A; CHANG, YH. Model-based human reliability analysis: prospects and requirements. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 83, n.2, p. 241-253, 2004.

NEBOIT, M.; CUNY, X.; FADIER, E. Fiabilité humaine: présentation du domaine. In: Leplat, J.; de Terssac, G. (Ed.). **Les facteurs humaines de la fiabilité dans les systèmes complexes**. Marseille: Octares éd.,1990.

NICOLET JL, CELIER, J. **La fiabilité humaine dans l'entreprise. Collection le nouvel ordre économique**. Paris: Masson, p.302, 1985.

OKOGBAA, OG, SHELL, RL, FILIPUSIC, D. On the Investigation of the Neurophysiological Correlates of Knowledge Worker Mental Fatigue Using the Eeg Signal. **Applied Ergonomics**, v. 25, n. 6, p. 355-365, Dec 1994.

OLIVEIRA, AF; SELLITTO, MA. Análise qualitativa de aspectos influentes em situações de risco observadas no gerador de vapor de uma planta petroquímica. **Produção**, v.20, n.4, p.677-688, 2010.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT) **Relatório do Seminário Tripartite sobre a prevenção de acidentes industriais maiores para uma seleção de países latino-americanos**. São Paulo - Brasil, 22-26 de agosto de 1994

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Informe da reunião tripartite sobre as questões relativas ao emprego e as relações de trabalho**. Genebra, 23-27 de fevereiro de 1998

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Informe Final da reunião sobre segurança do trabalho em instalações petrolíferas no mar e assuntos conexos**, Genebra 20-28 de abril de 1993

PARK, KS; JUNG, KT. Considering Performance Shaping Factors In Situation-Specific Human Error Probabilities. **International Journal Of Industrial Ergonomics**, v. 18, n. 4, p. 325-331, Oct 1996.

PERROW, C, **Complexity, coupling and catastrophe**. New York, USA, Basic Books Pub. 1984b.

PERROW, C. **Normal accidents; living with high-risk technologies**. New York, basic books, 1984a.

PEW, RW. More Than 50 Years of History and Accomplishments in Human Performance Model Development. **Human Factors**, v. 50, n. 3, p. 489-496, Jun 2008.

PHIPPS, DL; PARKER, D; PALS EJM, MEAKIN, GH; NSOEDO, C; BEATTY, PCW. Identifying Violation-Provoking Conditions in a Healthcare Setting. **Ergonomics**, v. 51, n. 11, p. 1625-1642, 2008.

RAAFAT, HMN; ABDOUNI, AH. Development of an Expert System for Human Reliability-Analysis. **Journal of Occupational Accidents**, v. 9, n. 2, p. 137-152, Aug 1987.

RABECHINI R., CARVALHO M M C, LAURINDO F J B., Fatores críticos para implementação de gerenciamento por projetos: o caso de uma organização de pesquisa, **Revista Produção**, v. 12, n. 2, 2002.

RASMUSSEN, J. Trends in Human Reliability-Analysis. **Ergonomics**, v. 28, n. 8, p. 1185-1195, 1985.

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

REER, B. Review of advances in human reliability analysis of errors of commission, Part 1: EOC Identification. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 93, n. 8, p. 1091 – 1104, 2008.

RIVILIS I., , Effectiveness of Participatory Ergonomic Interventions on Health Outcomes: A Systematic Review, **Applied Ergonomics**, v. 39, p. 342–358, 2008.

ROOK, L.W. **Reduction of human error in industrial production**. Nº Report STCM, 93-62, 14. Sandia Corporation. 1962.

SCHILD, H.A. **Software for Bibliometric Data Management and Analysis**. Helsinki Institute of Strategy and International Business, 2002.

SEVÁ FILHO, AO.. 'Seguua, Peão!' Alertas Sobre o Risco Técnico Coletivo Crescente na Indústria Petrolífera (Brasil, anos 90). In: Freitas, CM.; Porto, MFS.; Machado, J.M.H. (Org.). **Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção**. p. 169-196. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2000.

SHARIT, J. Human and System Reliability Analysis. In: Karwowski, W; Marras, W. S. **The Occupational Ergonomics Handbook**. New York: PressChap. 35, p. 601 – 642, 1999.

SHORROCK, ST, KIRWAN, B. Development and Application of a Human Error Identification Tool For Air Traffic Control. **Applied Ergonomics**, v.33, n. 4, p. 319-336, 2002.

SHORROCK, ST; KIRWAN, B, MACKENDRICK, H, KENNEDY, R. Assessing Human Error In Air Traffic Management Systems Design: Methodological Issues. **Travail Humain** v. 64, n. 3, p. 269-289, Sep 2001

SHRYANE, NM; WESTERMAN, SJ; CRAWSHAW, CM; HOCKEY, GRJ; SAUER, J. Task Analysis for the Investigation of Human Error in Safety-Critical Software Design: A Convergent Methods Approach. **Ergonomics**, v. 41, n. 11, p. 1719-1736, Nov 1998.

SIEMIENIUCH, CE; SINCLAIR, MA. Systems Integration. **Applied Ergonomics**, v. 37, n. 1, p. 91-110, Jan 2006.

SILVA, J.A.P.; BRAATZ, D.; MENEGON, N.L.; CARVALHO, M.M.; CAMAROTTO, J.A.. Inovação e participação: um estudo de caso de projeto de uma interface para painel de controle de equipamento. In: **Anais** da ABERGO 2008, Porto Seguro.

SILVA, JAP.; MENEGON, NL, CARVALHO, MM. Confiabilidade humana: revisão de literatura na perspectiva da ergonomia. In: **Anais** do XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção (Enegep), 2009, Salvador.

STANTON, NA; SALMON, P; HARRIS, D; MARSHALL, A; DEMAGALSKI, J; YOUNG, MS; WALDMANN, T; DEKKER, S. Predicting Pilot Error: Testing a New Methodology and a Multi-Methods and Analysts Approach. **Applied Ergonomics**, v. 40, n. 3, p. 464-471, May 2009.

SWAIN, A D & GUTTMANN, H. E. Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications. US Nuclear Regulatory Commission. Washington, 1983.

SWAIN, A. D. Comparative evaluation of methods for human reliability analysis (CRS-71) Garching, FRC: Gesellschaft fur Reaktorsicherheit, 1989.

TAHAI, A.; MEYER, M. J. A Revealed Preference Study of Management Journals' Direct Influences. **Strategic Management Journal**, v. 20, n. 3; p. 279, mar., 1999.

TEIGER, C. LAVILLE A., DURAAFOURG, J GUERIN F. E DANIELLOU F. **Ficção e realidade no trabalho operário**, 1980.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo, Ed Cortez, 1985

TIDD J., BESSANT J., PAVITT K., **Managing Innovation**, Ed Willey, 1997.

TOMALA F., SENECHAL O., Innovation management: a synthesis of academic and industrial points of view, **International Journal of Project Management**, v. 22, 2004.

VAN DER LINDEN, D, SONNENTAG, S, FRESE, M, VAN DYCK, C. Exploration Strategies, Performance, and Error Consequences When Learning a Complex Computer Task. **Behaviour & Information Technology**, v. 20, n. 3, p. 189-198, May-Jun 2001.

VANDERHAEGEN, F. Toward A Model of Unreliability to Study Error Prevention Supports. **Interacting with Computers**, v. 11, n. 5, p. 575-595, May 1999.

VILLEMEUR, A. **Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels. Fiabilité. Facteurs humains**. Informatisation. Editions Eyrolles, Paris, 1988

WHITE, DH; MCCAIN KW. Visualizing a discipline: an author co-citation analysis of information science, 1972–1995. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 49, p. 327–355, 1998.

WILSON, JR. Devolving Ergonomics - The Key to Ergonomics Management Programs. **Ergonomics**, v. 37, n. 4, p. 579-594, Apr 1994.

WILSON, JR; RYAN, B; SCHOCK, A; FERREIRA, P; SMITH, S; PITSOPOULOS, J. Understanding safety and production risks in rail engineering planning and protection. **Ergonomics**. v. 52, n.7, p. 774-790, 2009.

WISNER, A. **Por Dentro do Trabalho: ergonomia, método e técnica**. São Paulo: F.T.D., 1987.

WISNER, A. **A inteligência no trabalho: textos selecionados de ergonomia**. São Paulo. FUNDACENTRO, 1994.

WISNER, A. Antropotecnologia: coletânea de textos. **Revista Ação Ergonômica**, ABERGO, v. 1, 1991.

WISNER, A. Fatigue and Human Reliability Revisited in the Light of Ergonomics and Work Psychopathology. **Ergonomics**, v. 32, n. 7, p. 891-898, Jul 1989.

WREATHALL, J. Properties of Resilient Organizations. In HOLLNAGEL E., WOODS D., LEVESON N. (Eds.) **Resilience Engineering**, USA: Ashgate Publishing, 2006.

YIN, R.K. **Case Study Research: Design and Methods**. Newbury Park, Rev. ed. Sage Publications, 1991.

YU, FJ; HWANG, SL; HUANG; YH; LEE, JS. Application of Human Error Criticality Analysis for Improving the Initiator Assembly Process. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 26, n. 1, p. 87-99, Jul 2000.

YUKIMACHI, T; NAGASAKA, A; SASOU, K. A Method For System Reliability-Analysis With Change-Over Operation. **Ergonomics**, v. 35, n. 5-6, p. 499-512, May-Jun 1992.

ZINK, K.J., *et al.*, Comprehensive change management concepts. **Applied Ergonomics**, 2008.

ZULICH, G; KRUGER, J, SCHINDELE, H, ROTTINGER, S. Simulation-Aided Planning of Quality-Oriented Personnel Structures in Production Systems. **Applied Ergonomics**, v. 34, n. 4, p. 293-301, jul 2003.

APÊNDICE A – Síntese da Pesquisa Bibliográfica sobre Confiabilidade Humana: uma análise bibliométrica

A primeira análise bibliométrica realizada ao longo dessa dissertação foi publicada em Silva, Menegon e Carvalho (2009) e posteriormente continuamente atualizada até 2011.

Abordagem metodológica: bibliometria e análise de conteúdo

A base de dados utilizada neste estudo foi construída através de informações extraídas da ISI *Web of Science*.

É importante salientar que essa base de dados foi selecionada, pois concentra os periódicos indexados que compõe o *Journal Citation Report* (JCR), indicador utilizado por várias áreas para aferir a relevância de um periódico. Desta forma artigos de outras bases como Scopus ou mesmo Scielo, que estejam indexados aparecem na busca.

A busca foi feita a partir de três filtros de seleção, conforme ilustra a Figura A.1.

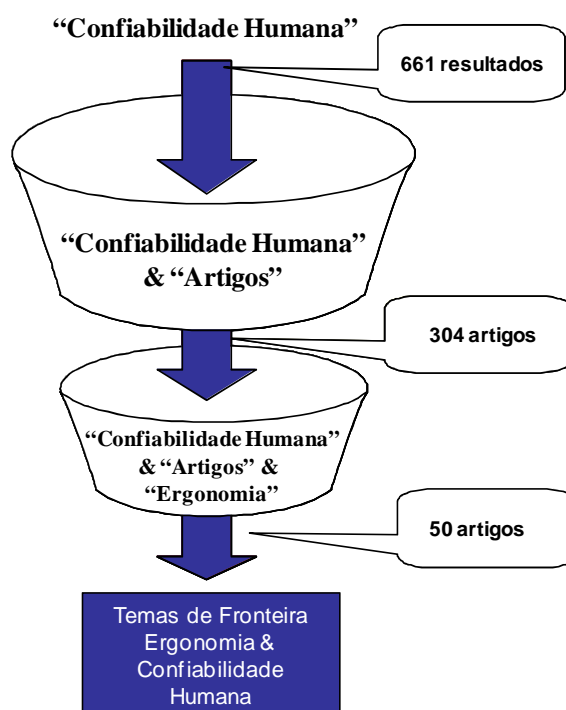


Figura A.1 Revisão de literatura – filtros de seleção e fluxo de análise

Fonte: Elaborada pelo autor

A busca dos artigos foi realizada selecionando-se todas as publicações que possuíam a frase confiabilidade humana (*human reliability*), mencionadas em assunto (*topic*), escrita entre aspas, gerando um total de 661 resultados em janeiro de 2011. É importante utilizar aspas, pois, caso contrário, o sistema interpreta que qualquer ocorrência de *human* e de *reliability* é de interesse na busca, o que aumenta o número de resultados para 8.612. Vale destacar que o mesmo critério de busca utilizado em Silva, Menegon e Carvalho (2009), utilizando aspas, gerou 545 resultados em 2009, ou seja, houve um aumento 17,5 % neste período.

Esse resultado foi refinado considerando como tipo de documento (*document type*) apenas artigos (*articles*), o que resultou em 304 artigos de 94 periódicos diferentes. Esse recorte foi adotado na análise dado que os artigos quando publicados em periódicos acadêmicos já passaram por um processo de revisão por pares e atendem aos critérios de aprovação de periódicos acadêmicos indexados na base estudada, o que não acontece necessariamente em artigos de eventos e em livros.

Esta lista geral de artigos foi utilizada como pano de fundo para a análise central que tem como foco a perspectiva de ergonomia sobre a área de estudos em confiabilidade humana. Desta forma, fez-se um terceiro filtro nesses artigos, selecionando-se como áreas temáticas (*subject areas*) ergonomia (*ergonomics*) o que resultou em 50 artigos (16% do total) de 14 periódicos, produzidos por 108 autores, com 471 citações (25%)., que compreendem o período de 1963 a 2011. A Figura A.2 ilustra a evolução no número de artigos e nas citações ao longo do tempo.

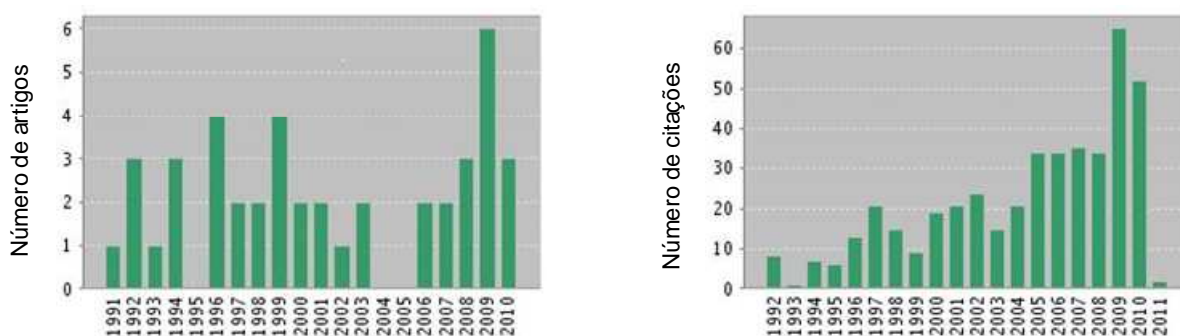


Figura A.2 – Evolução das publicações e das citações

Fonte: Elaborada pelo autor

O primeiro trabalho disponível na ISI Web of Science foi publicado no American Journal of Psychiatry em 1963 e discutia as implicações da confiabilidade humana nos procedimentos de seleção e triagem da marinha americana (CHRISTY; RASMUSSEN, 1963). O trabalho pioneiro com foco em ergonomia foi publicado no periódico Human Factors, no ano seguinte, por Meister (1964), e é o 5º mais citados da área, cujo objetivo era discutir os métodos de predição da confiabilidade humana em sistemas homem-máquina. Pode-se observar na Figura 2 que por praticamente por duas décadas a publicação foi bastante tímida não excedendo três artigos por anos, com vários períodos sem nenhuma publicação. O segundo trabalho com foco em ergonomia só ocorre praticamente duas décadas depois, com o artigo de Adams (1982). Somente a partir da segunda metade da década de 1980 o volume de publicações ganhou maior envergadura.

Abordagem similar foi conduzida na base de dados Scielo, na qual estão os principais periódicos nacionais. Da busca com as palavras chave “*human reliability*” e “*confiabilidade humana*”, resultou apenas 2 artigos de Menezes e Droguett (2007) e Oliveira e Selitto (2010), ambos publicados na revista Produção. Com o termo “*confiabilidade*” foram encontrados 111 artigos.

Os 50 artigos foram extraídos das bases de dados e analisados segundo alguns critérios qualitativos. As análises bibliométricas foram feitas com auxílio de softwares. O arquivo texto gerado com os artigos selecionados foi importado no software Sitikis (SCHIDT, 2002) através do qual se realizou análises bibliométricas com auxílio do software UCINET. O processo de tratamento da literatura está ilustrado na Figura A.3.

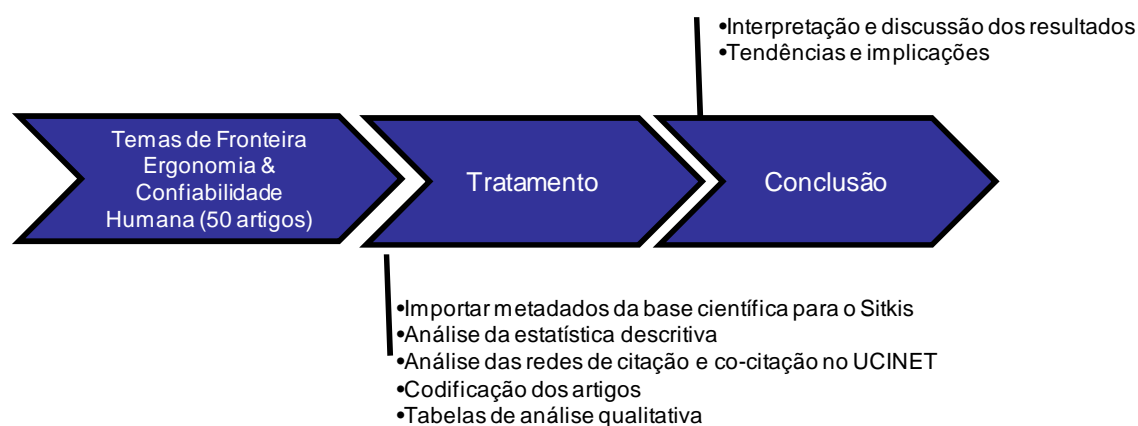


Figura A.3 – Fluxo de análise da literatura

Fonte: Elaborada pelo autor

Com base nos dados levantados na base *ISI Web of Science*, observou-se que dentre os 269 artigos na área de confiabilidade humana (*human reliability – HR*), o primeiro é datado de 1963 e verificam-se publicações recentes de 2009. Os anos de maior publicação foram 2004 e 2006, com 26 e 21 artigos publicados, respectivamente. Pode-se observar que os artigos selecionados no filtro da *área temática* ergonomia seguem a mesma tendência geral (ver Figura 3.3).

Grupo de artigos mais citados

É possível observar na Tabela A.1 que apesar dos artigos de confiabilidade humana na classificados na área de ergonomia representarem apenas 16% do total, sua influência é alta, utilizando como parâmetro o número de citações.

Comparando-se a classificação dos artigos da ergonomia e confiabilidade humana (50 artigos), com a classificação geral dos artigos de confiabilidade humana como um todo (304 artigos), observa-se que dos dez artigos mais citados classificados na área de ergonomia (G10), 4 permanecem na classificação geral dos dez mais citados (ver Tabela A.1).

Tabela A.1. G10 - Lista das 10 publicações mais citadas: Confiabilidade Humana & Ergonomia

Título	Ano	Autores	Periódico	Área de classificação do artigo	Citações	Rank Ergonomia	Rank Geral
<u>Errors enacted during endoscopic surgery - a human reliability analysis</u>	1998	Joice, Hanna, e Cuschieri	Applied Ergonomics	Ergonomia e Engenharia	77	1º	1º
<u>Development and application of a human error identification tool for air traffic control</u>	2002	Shorrock e Kirwan	Applied Ergonomics	Ergonomia	34	2º	5º
<u>Human error identification in human reliability assessment.2. detailed comparison of techniques</u>	1992	Kirwan	Applied Ergonomics	Ergonomia e Engenharia	34	3º	6º
<u>Human error identification in human reliability assessment.1. overview of approaches</u>	1992	Kirwan	Applied Ergonomics	Ergonomia e Engenharia	34	4º	7º
<u>Methods of predicting human reliability in man-machine systems</u>	1964	Meister	Human Factors	Ergonomia, Psicologia e Ciências Comportamentais	22	5º	14º
<u>The validation of three human reliability quantification techniques THERP, HEART and JHEDI.1. technique descriptions and validation issues</u>	1996	Kirwan	Applied Ergonomics	Ergonomia e Engenharia	21	6º	15º
<u>Human error identification techniques applied to public technology: predictions compared with observed use</u>	1996	Baber e Stanton	Applied Ergonomics	Ergonomia e Engenharia	20	7º	16º
<u>Task-analysis for error identification – a methodology for designing error-tolerant consumer products</u>	1994	Baber e Stanton	Ergonomics	Ergonomia, Psicologia e Engenharia	19	8º	19º
<u>Issues in human reliability</u>	1982	Adams	Human Factors	Ergonomia, Psicologia & Ciências Comportamentais	19	9º	20º
<u>Identification of systems failures in successful paediatric cardiac surgery. 567-588..</u>	2006.	Catchpole, Giddings, De Leval, Peek, Godden, Utley, Gallivan, Hirst, Dale.	Ergonomics	Ergonomia, Psicologia e Engenharia	15	10º	21º

Fonte: Elaborada pelo autor

Nota: Quando o número de citações é igual a colocação no rank é definida pelo ano de publicação, primeiro o mais recente

Principais periódicos

Os periódicos (*journals*) da área de ergonomia que apresentaram publicações sobre o tema de confiabilidade humana estão listados na Tabela A.2 mais presentes considerando-se o número de artigos publicados foram o *Applied Ergonomics*, com 16 artigos (~32% da área de ergonomia) e o *Ergonomics*, com 11 artigos (~21%). No entanto, considerando-se o número de citações a relevância do *Applied Ergonomics* para a discussão da confiabilidade humana é amplificada uma vez que seis dos 10 artigos mais citados foram publicados nessa revista, totalizando 220 (73% das citações do G10) citações são referentes a artigos dessa revista e.

Tabela A.2 – Periódicos classificados na área de ergonomia com maior número de artigos sobre o tema

Periódico	No. de artigos
Applied Ergonomics	16
Ergonomics	11
International Journal Of Industrial Ergonomics	5
Human Factors	3
Human Factors And Ergonomics In Manufacturing	2
Interacting With Computers	2
International Journal Of Human-Computer Studies	2
International Journal Of Occupational Safety And Ergonomics	2
Travail Humain	2
Accident Analysis And Prevention	1
International Journal Of Human-Computer Interaction	1
International Journal Of Man-Machine Studies	1
Journal Of Occupational Accidents	1
Behaviour & Information Technology	1

Fonte: Elaborada pelo autor

No entanto, no cômputo geral (304 artigos), destaca-se o periódico *Reliability Engineering & System Safety*, com 95 artigos (31% do total), cujo escopo prioriza a confiabilidade no escopo amplo. No entanto, vale destacar que na lista geral dos dez mais citados, 4 são da *Applied Ergonomics*, inclusive o artigo mais citado Joice *et al.* (1998), contra 3 da *Reliability Engineering & System Safety*.

Principais autores

Pôde-se verificar ainda Tabela A.3, que nas 50 obras de fronteira entre HR e ergonomia, há uma predominância de Kirwan, da Universidade de Birmingham, que tem quatro artigos (KIRWAN, 1992a, 1992b; SHORROCK; KIRWAN, 2002; KIRWAN, 1996) dentre seus 10 artigos na lista dos mais citados, sendo que dois desses artigos também estão na classificação geral dos dez mais citados dentre os 304. A Tabela A.3 detalha os autores que contribuíram com mais de um artigo na perspectiva da ergonomia, destacando também o número de citações.

Tabela A.3. Lista dos autores com mais de um artigo nas áreas de Confiabilidade Humana & Ergonomia

Autor	Nº artigos	Citações
Kirwan	10	154
Stanton	3	40
Wilson	3	23
Baber	2	39
Shorrock	2	37
Kennedy	2	16
Karwowski	3	13

Fonte: Elaborada pelo autor

Os autores do artigo mais citado Joice, Hanna e Cuschieri (1998) possuem outras publicações dentre os 304 artigos sobre confiabilidade humana, em especial Cuschieri e Hanna, estão em 2º e 3º lugares com o maior número de artigos, com 8 e 7 artigos, respectivamente, logo após Kirwan em 1º com 16 artigos publicados. No entanto, o artigo de Joice, Hanna e Cuschieri (1998) é o único desses autores classificados na área de ergonomia.

Dos 50 artigos, apenas um é de pesquisadores brasileiros Carvalho, Vidal e De Carvalho, (2007), que dá destaque a comunicação entre operadores como fator relevante no estudo da confiabilidade, no contexto de estudo de salas de controle em uma usina nuclear.

É possível verificar que dentre os 10 artigos mais citados, a maioria (6 artigos) é classificada na *ISI Web of Knowledge* como pertencente tanto a área de *ergonomia* como de *engenharia (sub área engenharia, industrial)*, conforme Tabela A.1. Já os artigos de Mercer (1964) e Adams (1982) fazem fronteira da *ergonomia* com a *psicologia* e as *ciências comportamentais (behavioral sciences)*. Apenas o artigo de Baber e Stanton (1994) classifica-se nas áreas de *ergonomia, engenharia e psicologia*, buscando uma análise mais plural.

É possível observar na Figura A.4 a centralidade do trabalho de Kirwan (1992a) que é forte referência para os trabalhos que o sucederam. Observa-se ainda que o trabalho de Joice, Hanna e Cuschieri (1998) e Catchpole (2006) da área de cirurgia formam um grupo isolado dos demais. O padrão de citação dos artigos foi feito considerando-se aqueles com citação acima de cinco enquanto os artigos citados deveriam ser citados pelo menos três vezes. A espessura da linha indica a frequência com que os dois artigos conectados foram co-citados.

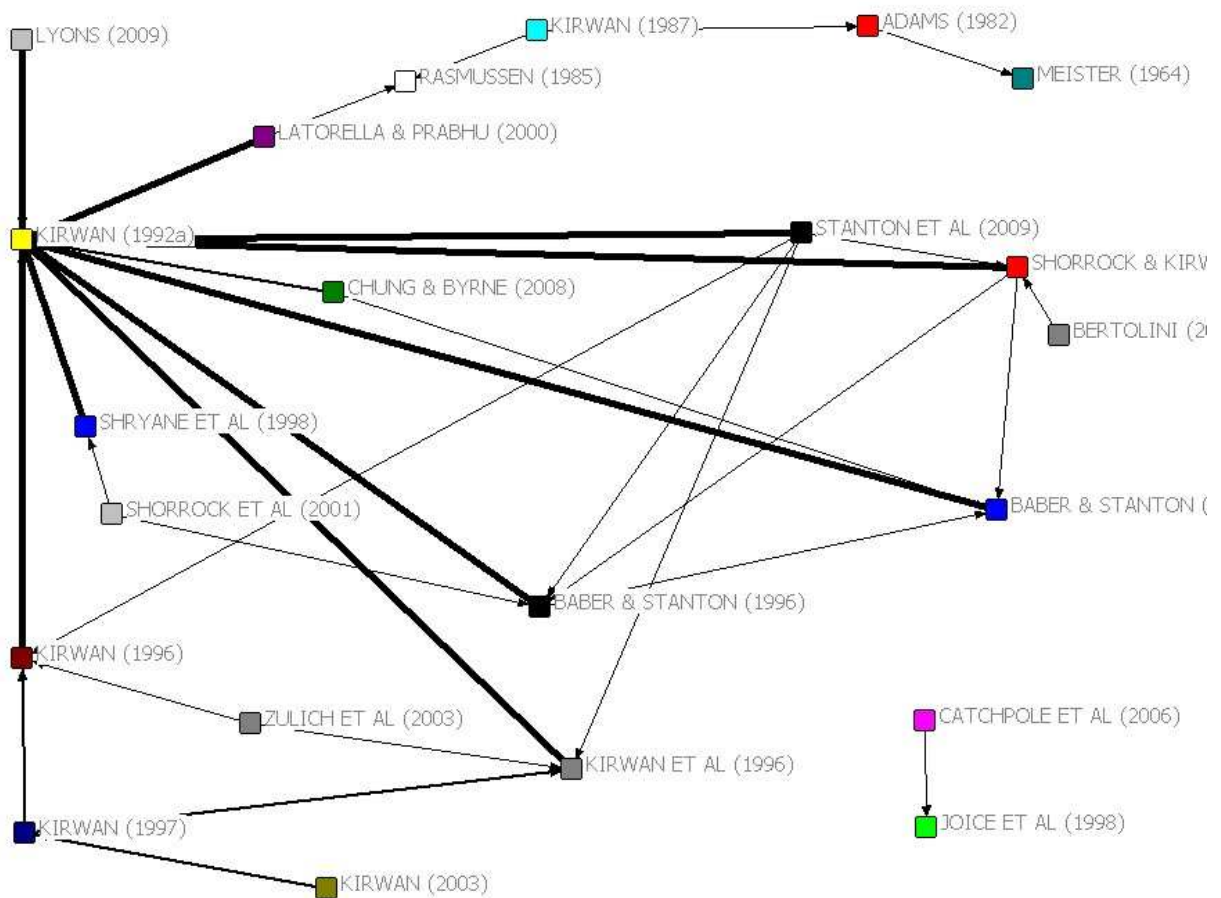


Figura A.4. Rede de Citações Cruzadas

Fonte: Elaborada pelo autor

Principais temas, área e subáreas

Tentando traçar um panorama dos temas abordados e das áreas de interface optou-se pela análise da rede de palavras chave, bem como da classificação dos artigos discriminados na Tabela A.4 em áreas e subáreas de conhecimento.

O padrão mais comum de palavras chave e de citação dos artigos está representado na rede da Figura A.5, elaborada com uso do software UCINET (BORGATTI *et al*, 1999).

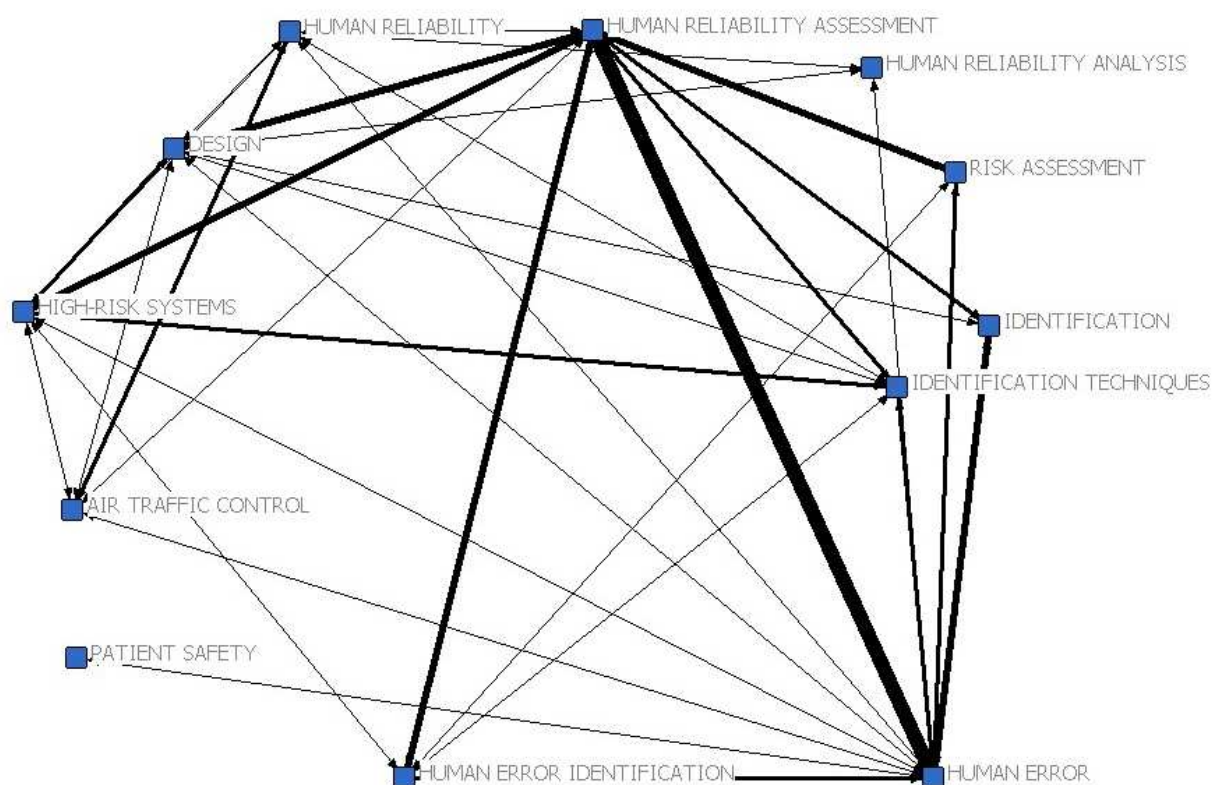


Figura A.5. Rede de palavras-chave

Fonte: Elaborada pelo autor

Considerando a rede de palavras chave mais citadas e relacionadas entre si, é possível observar que de fato os instrumentos de análise, identificação e diagnóstico de confiabilidade (*human reliability analysis, assessment*) e erro humano (*human error identification*) dominam a discussão dentre os 50 artigos estudados. Em termos de área de aplicação observa-se o destaque para controle de tráfego aéreo (*air traffic control*), sistemas complexos de alto risco (*high-risk systems*) e segurança de pacientes (*patient safety*).

Como classificação de áreas temáticas destaca-se, para estes 304 artigos, a área de engenharia industrial (*engineering, industrial*), com 157 artigos, e da área de operações e administração (*operations research & management science*), com 122 artigos, ocupando a área de ergonomia (*ergonomics*) a terceira posição com 50 artigos. Nota-se, no entanto, que um artigo pode estar relacionado a mais de uma área temática.

Partindo-se do agrupamento por áreas e subáreas do conhecimento apresentado na Tabela A.4, é possível observar que os 50 artigos que abordam o tema de confiabilidade humana que são classificados na área de ergonomia tem forte interface com as áreas de *engenharia* e *psicologia & ciências comportamentais*. A Figura A.6 faz uma síntese das relações dos artigos por área.

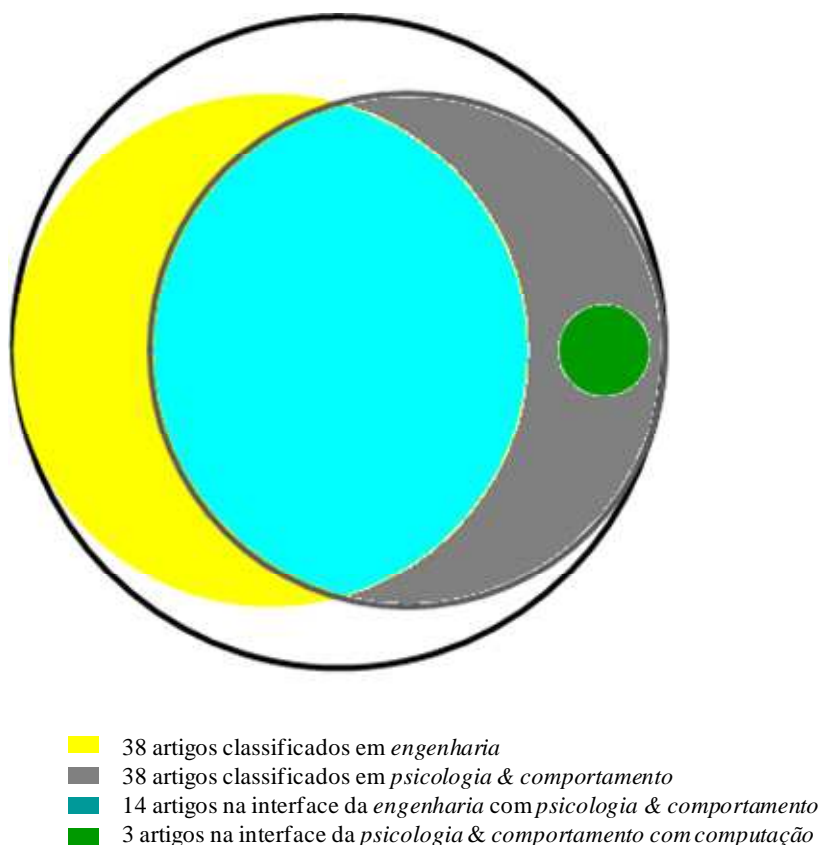


Figura A.6. Intersecção das áreas no tratamento do tema de confiabilidade humana

Fonte: Elaborada pelo autor

Observa-se na Figura A.6, que dos 50 artigos, 38 são classificados como *engenharia* e 38 como *psicologia & comportamento*, entre esses dois grupos existe uma intersecção de 14 artigos. Um grupo menor de seis artigos trata de questões de confiabilidade humana relacionadas a área de computação, em especial *software*, das quais 50% tem interface com a área de *psicologia & comportamento*.

O detalhamento das 50 artigos, com número de citações, áreas e subáreas de conhecimento encontra-se na Tabela A.4.

Tabela A.4 – Caracterização dos artigos por área e subárea

Artigo	Citações	Engenharias				Psicologia e Comportamento				Ciências da Computação, cibernética	Transportes	Ciências Sociais, Interdisciplinar	Publico, Ambiental & Saúde Ocupac	Total de Subáreas
		Nº de autores	Engenharia, Industrial	Engenharia, Manufatura	Engenharia, Multidisciplinar	Psicologia	Psicologia, aplicada	Psicologia, multidisciplinar	ciências comportamentais					
Joice, Hanna e Cuschieri (1998)	77	3	1											1
Kirwan (1992a)	34	1	1											1
Kirwan (1992b)	34	1	1											1
Baber e Stanton (1996)	20	2	1											1
Kirwan (1996)	21	1	1											1
Okogbaa,Shell e Filipusic (1994)	16	3	1											1
Kirwan et al. (1997)	16	4	1											1
Kirwan (1997)	9	1	1											1
Latorella e Prabhu (2000)	14	2	1											1
Park e Jung (1996)	3	2	1											1
Yu et al. (2000)	2	4	1											1
Kirwan, Scannali e Robinson (1996)	2	3	1											1
Bertolini (2007)	2	1	1											1
Siemienuch e Sinclair (2006)	3	2	1											1
Kirwan (1987)	1	1	1											1
Lyons (2009)	0	1	1											1
Stanton et al. (2009)	1	8	1											1
Kirwan (2003)	0	1	1											1
Zulich et al. (2003)	0	4	1											1
Rashid, Place e Braithwaite (2010)	0	3	1											1
Barroso e Wilson (1999)	7	2		1										1
Carvalho, Vidal e De Carvalho (2007)	6	3		1										1
Raafat e Abdouni (1987)	0	2		1										1
Meister (1964)	22	1				1	1	1						3
Adams (1982)	19	1				1	1	1						3
Baber e Stanton (1994)	19	2	1			1	1							3
Rasmussen (1985)	13	1	1			1	1							3
Catchpole et al. (2006)	18	9	1			1	1							3
Wilson (1994)	11	1	1			1	1							3
Karwowski (1991)	13	1	1			1	1							3
Wisner (1989)	6	1	1			1	1							3
Shorrock et al.(2001)	3	4	1			1	1							3
Shryane et al. (1998)	3	5	1			1	1							3
Dekeyser e Vandaele (1986)	3	2	1			1	1							3
Phipps et al. (2008)	5	6	1			1	1							3
Pew (2008)	0	1	1			1	1	1						4
Yukimachi, Nagasaka e Sasou (1992)	0	3	1			1	1							3
Wilson et al (2009)	5	6	1	1		1	1							4
Habraken et al (2009)	4	4	1			1	1							3
Furuta e Kondo (1993)	6	2				1			1					2
Helfrich (1999)	2	1						1						2
Chung e Byrne (2008)	4	2						1						2
Van der Linden et al. (2001)	12	4								1				1
Bes (1999)	0	1								1				1
Vanderhaegen (1999)	1	1								1				1
Bedny, Karwowski e Bedny (2010)	0	3								1				1
Gstalter e Fastenmeier (2010)	0	2									1	1		2
Yamanaka e Kawakami (2009)	0	2											1	1
Fargoutzidis e Antonopoulou (2009)	0	2											1	1
Shorrock e Kirwan (2002)	34	2												0
Total de Artigos por subárea			34	3	1	17	16	2	3	7	1	1	2	
Total de artigos por área				38			38			7				
Citações por área				371			156			25				

Fonte: Elaborada pelo autor