



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

Marcio Magalhães Paixão da Conceição

O Uso do Método de Análise da Confiabilidade Humana SPAR-H na
Quantificação da Probabilidade de Erro humano no Processo de Instalação de
Gás LP em uma Indústria.

Rio de Janeiro

2016



UFRJ

Marcio Magalhães Paixão da Conceição

O Uso do Método de Análise da Confiabilidade Humana SPAR-H na
Quantificação da Probabilidade de Erro humano no Processo de Instalação de
Gás LP em uma Indústria.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadores: Prof^o Dr. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos
Prof^o Dr. Renato Alves da Fonseca

Rio de Janeiro

2016

Conceição, Marcio Magalhães Paixão.

O Uso do Método de Análise da Confiabilidade Humana SPAR-H na Quantificação da Probabilidade de Erro humano no Processo de Instalação de Gás LP em uma Indústria. / Marcio Magalhães Paixão da Conceição. - 2016.

173f. : 12 il. 30 cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2016.

Orientadores: Prof^o Dr^o Isaac José Antonio Luquetti dos Santos “e”
Prof^o Dr^o Renato Alves da Fonseca

1. Ergonomia. 2. Segurança. 3. Condições de Trabalho. 4. Confiabilidade humana. I. Santos, Isaac José Antonio Luquetti. Fonseca, Renato Alves. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. O Uso do Método de Análise da Confiabilidade Humana SPAR-H na Quantificação da Probabilidade de Erro humano no Processo de Instalação de Gás LP em uma Indústria



UFRJ

O Uso do Método de Análise da Confiabilidade Humana SPAR-H na
Quantificação da Probabilidade de Erro humano no Processo de Instalação de
Gás LP em uma Indústria.

Marcio Magalhães Paixão da Conceição

Orientadores: Prof^o Dr. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos
Prof^o Dr. Renato Alves da Fonseca

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

Presidente: Prof^o Isaac José Antonio Luquetti dos Santos, D.Sc.-PEA/UFRJ

Presidente: Prof^o Renato Alves da Fonseca, D.Sc.-CNEN

Prof^o Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, D.Sc.-PEA/UFRJ

Prof^o Jonathan Marcello de Oliveira Pinto, D.Sc.-CNEN

Prof^o Cláudio Henrique dos Santos Grecco, D.Sc.-CNEN

Rio de Janeiro

2016

DEDICATÓRIA

A Deus, razão de tudo que sou e faço em minha vida; a minha mãe, por estar presente em todos os momentos na minha formação pessoal, ética e profissional; aos meus professores pelo constante empenho e dedicação e aos meus amigos porque sem o apoio não conseguiria obter êxito.

Aos meus orientadores Prof^o Dr. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos e Prof^o Dr. Renato Alves da Fonseca pela oportunidade em orientar este trabalho para minha evolução.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha existência e caminhar neste objetivo.

Aos funcionários e professores da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica e Escola de Química – Programa de Engenharia Ambiental, que foram bastante atenciosos em todos os momentos.

Agradeço a minha querida e amada mãe pela paciência nos momentos em não pude estar presente.

Aos meus orientadores Prof^o Dr. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos e Prof^o Dr. Renato Alves da Fonseca pelo total apoio dado ao trabalho.

A Prof^a Dr. Magali Christe Cammarota que em conjunto com o Prof^o Dr. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos me apoiaram e me incentivaram a continuar no Mestrado.

RESUMO

CONCEIÇÃO, Marcio Magalhães Paixão. **Título: O Uso do Método de Análise da Confiabilidade Humana SPAR-H na Quantificação da Probabilidade de Erro Humano no Processo de Instalação de Gás LP em uma Indústria**. Rio de Janeiro, 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

A análise das atividades dos trabalhadores consiste: na avaliação de uma situação real de trabalho, diagnosticando as situações críticas e o risco presente no ambiente laboral; e na proposição de recomendações para melhoria das práticas de trabalho e da segurança dos trabalhadores. Neste contexto, os processos cognitivos têm grande relevância na eficácia da interação do ser humano com o meio em que está inserido, porque atua diretamente na forma de pensar, de se comportar, e conseqüentemente, na forma de como os trabalhadores realizam suas tarefas. Com o auxílio da Análise de Confiabilidade Humana, através da metodologia SPAR-H (Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis), é possível identificar ações humanas não seguras que podem comprometer a produção e/ou serviço, além de representarem risco à segurança. Essas ações humanas têm uma ligação com os fatores sócio-técnicos, sendo assim, a não identificação desses fatores pode contribuir para o aumento da probabilidade de ocorrência de ações humanas não seguras, possibilitando o surgimento de eventos de falha humana na construção, manutenção e operação de uma planta industrial, precursores de possíveis acidentes. A metodologia SPAR-H leva em conta alguns fatores sócio-técnicos que influenciam a probabilidade de ocorrência de falha humana (decorrentes de ações humanas não seguras) ligadas às fases de ação (fase executiva) e diagnose da tarefa (fase cognitiva), tais como: aspectos ergonômicos, como a qualidade da interface homem/máquina; aspectos da tarefa, como tempo disponível, treinamento, processos de trabalho, complexidade, qualidade dos procedimentos; aspectos do trabalhador, como estresse, aptidão para o serviço, experiência. O objetivo principal dessa dissertação é propor uma abordagem centrada no método SPAR-H para identificar os fatores sócio-técnicos, que podem afetar o desempenho dos trabalhadores durante o processo de instalação de gás LP (liquefeito de petróleo) em uma usina de asfalto. Os objetivos específicos estão focados na quantificação da probabilidade de ocorrência de erros humanos, além de propor uma abordagem para identificação do risco associado ao processo de instalação de gás LP na usina de asfalto.

Palavras chaves: Ergonomia, Fatores Sócio-Técnicos, Segurança, Tarefas, Confiabilidade Humana.

ABSTRACT

CONCEIÇÃO, Marcio Magalhães Paixão. **Título:** The Use of the Human Reliability Analysis Method SPAR-H for the Quantification of Human Error Likelihood During the Installation Process of LP Gas in an Industry. Rio de Janeiro, 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

The job analysis consists on: evaluation of real situation of job, diagnosing critical situations and risks related to work environment; and recommendations for improvement of job practical and workers safety. In this context, the cognitive processes have great relevance on interaction effectiveness of the human being with the environment that human being is inserted, because act directly the way to think, to behave, and consequently, the way of workers develop your activities. With the support of human reliability analysis, through SPAR-H (Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis) methodology, it's possible to identify unsafe human actions that can compromise the production and/or service, in addition to representing risks to the workers. The unsafe human actions are related to socio-technical factors, therefore, the not adequate identification of these factors can contribute by increasing the probability of occurrence of unsafe actions, appearing events on construction, maintenance and operation of industrial plants, precursors of possible accidents. The SPAR-H methodology uses some socio-technical factors that influence the human errors probability linked to action phase (executive phase) and diagnosis activities (cognitive phase), such as: ergonomics aspects related to quality of human machine interaction; aspects of activities, as an available time, training, work processes, complexity, procedures qualities; aspects of workers, as stress, fitness for duty, experience. The main goal of this dissertation is propose the use of SPAR-H methodology to identify the socio-technical factors that can affect the performance of the workers during the installation LPG (Liquefied Petroleum Gas) process on asphalt plant. The specific objectives are related to quantification of the human error probability; in addition on propose an approach to identify the risks associated to installation LPG process on asphalt plant.

Keywords: Ergonomics, Socio-Technical Factors, Safety, Tasks, Human Reliability

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	17
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo geral	19
1.2.2 Objetivos específicos	20
1.2.3 Importância do trabalho	20
1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	21
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2. REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1. CONCEITOS DE SEGURANÇA DO TRABALHO	23
2.1.1 Legislação	23
2.1.1.1 Decreto nº 6.271, de 22 de novembro de 2007	23
2.1.2 OHSAS 18001-Saúde e segurança ocupacional	24
2.1.3 Consolidação das Leis do Trabalho Decreto Lei n.º 6.514	24
2.2 GERENCIAMENTO DE RISCO	25
2.2.1 Perigo	25
2.2.2 Risco	26
2.2.3 Ferramentas de análise de riscos	28
2.2.4 Matriz de riscos	30
2.3 NORMAS DE SEGURANÇA APLICÁVEIS	30
2.3.1 Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977	30
2.3.2 Relação de normas regulamentadoras aplicáveis	31
2.4. ERGONOMIA	31
2.4.1 Análise Ergonômica do Trabalho (AET)	34
2.5. CONFIABILIDADE HUMANA	37
2.6 ERRO HUMANO	38
2.7. FATORES QUE AFETAM O DESEMPENHO DOS TRABALHADORES(FDDH)	40
2.8. MÉTODOS DE ANÁLISE DE CONFIABILIDADE HUMANA	43
2.8.1 SPAR-H (Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis) -	44

2.8.2 THERP (Technique for Human Error Rate Prediction)	45
2.8.3 ATHEANA (A Technique for Human Error Analysis)	46
2.8.4 SLIM-MAUD	47
3. MODELO DE DESEMPENHO HUMANO	49
3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO DE DESEMPENHO HUMANO	50
3.2 TIPOS DE TAREFAS	55
3.2.1 Orientação para diagnóstico	56
3.2.2 Orientação para ação	56
3.3 TIPO DE ERRO HUMANO	57
3.4 FATORES DE DESEMPENHO HUMANO	58
3.5 DEFINIÇÕES DOS FATORES DE DESEMPENHO HUMANO APLICADOS NO MÉTODO SPAR-H	60
3.5.1 Tempo Disponível	60
3.5.2 Estresse / Estressores	61
3.5.3 Complexidade	62
3.5.4 Experiência / Treinamento	64
3.5.5 Procedimentos	65
3.5.6 Ergonomia / Interação Homem-Máquina	66
3.5.7 Aptidão para o serviço	67
3.5.8 Processos de trabalho	68
4. METODOLOGIA	70
4.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA	70
4.2 PERFIL DA AMOSTRA CONSIDERADA	70
4.3 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE ACH	71
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	72
5.1 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	72
5.2 DESCRIÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÃO	76
5.2.1 Procedimentos preliminares para execução da instalação	80
5.2.2 Principais etapas para implementação da instalação	84

5.3 IDENTIFICAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHADORES	88
5.4 USO DO MÉTODO SPAR-H	91
5.4.1 Descrição das tarefas e identificação dos fatores que afetam os trabalhadores	91
5.4.1.1 Função soldador	91
5.4.1.1.1 Quantif. prob. erro humano das tarefas básicas do soldador	95
5.4.1.2 Função montador	97
5.4.1.2.1 Quantif. prob. erro humano das tarefas básicas do montador	102
5.4.1.3 Função ajudante	105
5.4.1.3.1 Quantif. prob. erro humano das tarefas básicas do ajudante	110
5.4.1.4 Função supervisor de instalação	112
5.4.1.4.1 Quantif. prob. erro humano das tarefas básicas do supervisor de instalação	116
5.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	118
6. ALOCAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NA ANÁLISE DE RISCO	124
7. CONCLUSÃO	130
8. RECOMENDAÇÕES	133
8.1 PROPOSTA TRABALHOS FUTUROS	139
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
ANEXO A – ANÁLISE DE RISCO - SOLDADOR	151
ANEXO B – ANÁLISE DE RISCO - SUPERVISOR	152
ANEXO C – PROCEDIMENTO PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE	153
ANEXO D – PROCEDIMENTO PARA SOLDAGEM	157
APÊNDICE – DESCRIÇÃO DE CENÁRIOS ADVERSOS	167
Introdução	167
Acidentes ocorridos por vazamento de gás LP	167
Análise de conseqüências	171
Efeitos do gás LP quanto ao impulso e aumento de pressão nas edificações e pessoas	173
Efeitos do fluxo térmico em estruturas, equipamentos e nas pessoas	173

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores. (Fonte: Swain & Gutmann, 1983 <i>apud</i> Nascimento, 2010)	41
Quadro 2. Fatores operacionais no SPAR-H (Fonte: NUREG 6883, 2005)	53
Quadro 3. Dados gerais da empresa TUBE (Fonte: Autor)	72
Quadro 4. Fatores de desempenho humano – Soldador (Fonte: NUREG 6883, 2005)	92
Quadro 5. Fatores de desempenho humano - Montador (Fonte: NUREG 6883, 2005)	98
Quadro 6. Fatores de desempenho humano - Ajudante (Fonte: NUREG 6883, 2005)	106
Quadro 7. Fatores de desempenho humano - Supervisor (Fonte: NUREG 6883, 2005)	113
Quadro 8. Resultados obtidos (Fonte: Autor)	119
Quadro 9. Escala percentual da metodologia do Projeto PRISM (Fonte: Autor)	124
Quadro 10. Descrição de severidade adaptada da ISO-17776 (Fonte: Autor)	125
Quadro 11. Severidade x Alocação Fatores Sócio-Técnicos (Fonte: Autor)	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura funcional do processo de instalação para o gás LP. (Fonte: Autor)	18
Figura 2. Campo de estudo da ergonomia. (Fonte: Gontijo e Motter, 2012)	32
Figura 3. Levantamento de dados. (Fonte: Gontijo e Motter, 2012)	36
Figura 4. Ações não seguras. (Fonte: Neto, 2012)	40
Figura 5. Modelo de comportamento humano. (Fonte: NUREG 6883, 2005)	50
Figura 6. PEH como função de influência dos FDH (Fonte: NUREG 6883, 2005)	60
Figura 7. Fatores que contribuem para a complexidade (Fonte: NUREG 6883, 2005)	63
Figura 8. Organograma da empresa (Fonte: TUBE)	73
Figura 9. Distribuição física na usina de asfalto (Fonte: Autor)	74
Figura 10. Projeto de instalação para o gás LP (Fonte: TUBE)	77
Figura 11. Diagrama de blocos com as etapas de instalação (Fonte: Autor)	84
Figura 12. Modelos de efeitos e vulnerabilidade (Fonte: Cameron e Ramon, 2005)	172

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACH	Análise de Confiabilidade Humana
AET	Análise Ergonômica do Trabalho
APP	Análise Preliminar de Perigo
APR	Análise Preliminar de Risco
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASP	Accident Sequence Precursor
ATHENA	A Technique for Human Error Analysis
BLEVE	Boiling Liquid Vapor Expanding
BPF	Baixo Ponto de Fluidez
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CCD	Condições Comuns de Desempenho
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CREAM	Cognitive Reliability Error Analysis Method
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
ECOM	Erro de Comissão
EOM	Erro de Omissão
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FDDH	Fatores Delimitadores do Desempenho Humano
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
GPM	Gallons Per Minute
HAZOP	Hazard and Operability Study
HEP	Human Error Probabilistic
HFE	Human Failure Event
INL	Idaho National Laboratory
LER	Lesões por Esforços Repetitivos
LP	Liquefeito de Petróleo
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Técnica Brasileira
NR	Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego
NRC	Nuclear Regulatory Commission
OSHAS	At Occupational Healthy & Safety Advisor Services
PCMSO	Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
PEA	Programa de Engenharia Ambiental
PEH	Probabilidade de Erro Humano
PPRA	Programação de Prevenção de Riscos Ambientais
PRA	Probabilistic Risk Assessment
PSA	Probabilistic Safety Assessment
PSF	Performance Shaping Factors
SESMT	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho
THERP	Technique for Human Error Rate Prediction

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos as indústrias vêm buscando incessantemente resultados rápidos que justifiquem os altos investimentos em tecnologias, máquinas, equipamentos e ferramental, focando sempre a produtividade (ROTH, 2011). Nesta busca por produtividade são esquecidos quesitos que se relacionam com a segurança da planta nas suas diversas fases: projeto, construção e operação. Tais quesitos envolvem questões relativas à segurança do trabalho, que estão ligadas, por exemplo, à Ergonomia (ou Engenharia de Fatores Humanos) e Análise da Confiabilidade Humana (ACH). Esse contexto (Ergonomia/ACH) é abrangente, envolvendo aspectos, ou seja, fatores delimitadores do desempenho humano (FDDH), que precisam ser avaliados, tais como: adequação dos procedimentos técnicos, qualidade do treinamento desenvolvido, qualidade do projeto ergonômico, interações do ser humano com o meio onde realiza suas atividades (ambiente de trabalho, posto de trabalho).

O aumento da carga de trabalho em busca de resultados causa reflexos na carga mental dos trabalhadores. A busca de produtividade sem critérios válidos compromete a segurança do trabalhador, dos sistemas e, conseqüentemente da planta. Portanto, pode ocorrer o aparecimento de patologias que prejudicam a saúde do trabalhador, afetam a produtividade de seus serviços e comprometem a segurança do trabalhador e da planta. O foco principal da ACH é identificar as possíveis falhas humanas, que podem ser oriundas do resultado dessas patologias.

Com isso, além do processo de execução (ação), os processos cognitivos passam a ter grande relevância na eficácia da interação do trabalhador com o meio no qual está inserido, porque este processo atua diretamente na forma de pensar (processo cognitivo) e na forma como as ações são executadas. Dentro deste cenário as tarefas são analisadas nas suas características de ação (processo de execução) e nas suas características cognitivas (processo cognitivo).

A Ergonomia tem por objetivo analisar se o trabalho está adaptado ao ser humano, verificando as dificuldades que o trabalhador apresenta no desenvolvimento das tarefas, de forma a convergir com os critérios de desempenho e de qualidade de vida do trabalhador. A Ergonomia Física lida com as características da anatomia humana, antropométrica, fisiológica

e biomecânica. A Ergonomia Cognitiva se refere aos processos mentais, tais como percepção, memória, enfatiza a importância dos modelos de processamento de informação e o processo de tomada de decisão. A Ergonomia organizacional enfatiza a importância dos sistemas sócio-técnico, a estrutura organizacional, políticas de gestão, cultura organizacional e a organização do trabalho.

O atendimento dos requisitos ergonômicos certamente aumentará a satisfação e o conforto do trabalhador, fortalecendo os aspectos relativos à segurança, reduzindo o número de acidentes de trabalho e melhorando o rendimento do serviço e, conseqüentemente, a produtividade. Além disso, tal atendimento influencia positivamente os fatores delimitadores de desempenho humano, ponto fortemente analisado pela ACH. Os FDDHs representam influências que agem sobre o homem, afetando o desempenho do mesmo, no desenvolvimento das tarefas. Entre os principais FDDHs que afetam o desempenho das tarefas, podem ser citados: complexidade das tarefas, disponibilidade de tempo para execução das tarefas, qualidade dos procedimentos relativos às tarefas, qualidade do posto de trabalho, etc. Por exemplo, um posto de trabalho bem projetado, permite uma melhor leitura dos procedimentos, conseqüentemente, facilita o entendimento das ações especificadas nos mesmos, facilitando o desenvolvimento da tarefa, mesmo que esta seja complexa, diminuindo também o estresse do operador. Neste exemplo, a possibilidade de um erro humano acontecer no desenrolar da tarefa diminui, ou seja, a Probabilidade de Erro Humano (PEH) diminui.

O estudo desenvolvido neste trabalho pode permitir que os profissionais de segurança do trabalho tenham a visão ampliada, compreendendo que a busca de resultados e produtividade deve estar atrelada aos requisitos e normativas que estruturam a ergonomia. Essa compreensão permite também entender a importância da ACH que trata a ergonomia e outros fatores afins em sua análise. Uma análise planejada da ACH evidencia quais os pontos fracos das tarefas desenvolvidas, identificando também, em que situações falhas humanas podem ocorrer.

Este trabalho foca o desenvolvimento da Análise de Confiabilidade Humana (ACH) através da aplicação do Método SPAR-H com o objetivo de quantificar os erros humanos que podem impactar negativamente o desenvolvimento do processo de instalação do gás LP. Os resultados com base nas quantificações não servem apenas para obtenção das Probabilidades

de Erro Humano, pelo contrário, tais resultados demonstram as vulnerabilidades das condições de trabalho, ou seja, quais funções apresentam tarefas mais suscetíveis ao erro por parte de quem as desempenham.

A ergonomia aparece neste trabalho de forma implícita, pois está ligada à ACH através dos FDDHs que representam as dificuldades na execução das tarefas. A identificação de tais dificuldades agrega valor à análise de tarefas, um dos objetivos principais da Ergonomia.

1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A estrutura funcional de um processo é definida após a definição dos objetivos, requisitos e identificação das necessidades operacionais. A partir dessas definições, as principais funções que os sistemas e subsistemas irão realizar são identificadas e analisadas, sendo gerada uma estrutura representando como elas irão interagir. Esta análise permite que se tomem decisões relacionadas com a alocação de funções para os trabalhadores, possibilitando a identificação e descrição das tarefas. A estrutura funcional do processo (instalação industrial de gás LP em uma usina de asfalto) foi escolhida devido ao fato do gás LP ser um fluido inflamável de alta periculosidade, que requer profissionais devidamente qualificados no projeto, construção e operação da planta. Além disso, se durante o processo houver uma parada para intervenções corretivas, tais intervenções geram um custo elevado para o empresário. A estrutura funcional do processo (instalação industrial de gás LP em uma usina de asfalto) foi escolhida porque o gás LP é um fluido inflamável de alta periculosidade no qual requer profissionais devidamente qualificados, bem como ser um processo em que caso haja uma parada para intervenções corretivas gera-se um custo elevado ao empresário. É apresentada na Figura 1 a estrutura funcional do processo:



Figura 1. Estrutura funcional do processo de instalação para o gás LP. (Fonte: Autor)

Nesta dissertação, esta análise possibilitou a definição das seguintes funções e atividades de trabalho a serem estudadas: Soldagem, Montagem e Instalação. A partir dessa definição, os seguintes atores foram escolhidos: Soldador, Montador, Ajudante, Supervisor de Instalação. Os requisitos que definiram a escolha dessas atividades de trabalho foram: risco envolvido, importância da atividade para atingir os objetivos do processo, ambiente físico envolvido na realização das tarefas, influência dos FDDHS no desempenho dos trabalhadores. Com base nestas escolhas são identificadas e analisadas as principais tarefas atreladas ao soldador, montador, ajudante, supervisor de instalação. As tarefas são definidas com características de ação e características cognitivas. Os FDDHs são definidos com base no método SPAR-H, bem como, são definidas com base nas características as PEHs específicas, que são utilizadas pelo SPAR-H.

Na realização das atividades de soldagem e de teste de estanqueidade foram identificadas não-conformidades. Estas não-conformidades foram consideradas críticas, em virtude do grau de responsabilidade de tais atividades no desenrolar do processo. Durante a instalação industrial de gás LP (Liquefeito de Petróleo) em uma usina de asfalto ocorreram falhas atreladas, ao modo pelo qual as tarefas eram desenvolvidas: execução de serviços de

forma intensa devido à falta de um planejamento adequado (alta carga de trabalho); prazo de execução apertado (pressão temporal); estresse intenso devido as características do local, calor, posição ao soldar, utilização de vários EPIs (Equipamento de Proteção Individual), as adversidades inerente ao processo de soldagem, fadiga, etc.

As falhas (erros humanos) ocorridas estão relacionadas com as características das tarefas, que estão representadas neste trabalho pelos FDDHS: complexidade das tarefas, tempo disponível, qualidade dos procedimentos e treinamento; estão também relacionadas com as características do trabalhador, tais como; experiência e estresse.

Todos esses FDDHs são aplicados as Probabilidades de Erro Humano (PEH), ou seja, as PEHs são corrigidas com estes FDDHs. Estes FDDHs por sua vez, geram outros fatores que não são tratados neste trabalho, mas, degradam o desenvolvimento das tarefas: falta de atenção e concentração na execução dos procedimentos de soldagem e do teste de estanqueidade; tomada de decisões incorretas devido à pressão temporal e alta carga de trabalho. Vale ressaltar que na situação real (identificação e descrição do local de estudo – Capítulo 5) devido ao estresse da equipe de montagem ocorreram problemas de estanqueidade nas soldas, o que prejudicou o processo da instalação industrial de gás LP.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal utilizar o método SPAR-H na identificação dos fatores sócio-técnicos, que podem afetar o desempenho dos trabalhadores durante a instalação de gás LP em uma usina de asfalto.

Em virtude da demanda de serviços (serviços realizados em grandes empreendimentos industriais) é possível ocorrerem erros humanos, que podem comprometer o produto e/ou serviço final. Tal comprometimento pode acarretar riscos ao trabalhador e a segurança da instalação industrial. Portanto, é importante desenvolver uma abordagem centrada na ACH, utilizando um método que identifique esses fatores sócio organizacionais (FDDHs). O método escolhido é o SPAR-H, que tem como característica uma avaliação mais

aprofundada dos fatores delimitadores do desempenho dos trabalhadores em uma planta industrial. A não identificação desses fatores pode impactar na realização das tarefas, além de contribuir para resultados otimistas das PEHs, esses dois aspectos afetam a segurança do trabalhador e da planta.

1.2.2 Objetivos específicos

Considerando as questões citadas anteriormente, esta dissertação tem como objetivos específicos:

- Identificar ações humanas não seguras que podem afetar a segurança da planta industrial durante a instalação de gás LP em uma usina de asfalto.
- Calcular a probabilidade de ocorrência de erros humanos neste contexto de trabalho.
- Propor uma abordagem para identificação do risco associado ao processo de instalação de gás LP na usina de asfalto.

1.2.3 Importância do trabalho

Trata-se de uma dissertação aplicada em um contexto organizacional que envolve o processo de instalação do gás LP em uma usina de asfalto, onde os erros humanos ligados às funções e suas respectivas tarefas serão avaliados e quantificados através da metodologia SPAR-H. O processo de montagem da instalação industrial deve ser realizado com profissionais que tenham conhecimento técnico, de forma planejada, com o objetivo de evitar falhas que possam acarretar erros no processo de montagem do sistema de gás LP, que prejudiquem a segurança da usina de asfalto. Para tal, é realizada uma análise de como as atividades para execução da montagem da instalação industrial são desenvolvidas. A pesquisa possibilita a ampliação do conhecimento científico na área de métodos de análise da confiabilidade humana, fatores humanos e gerenciamento de risco das instalações industriais, sendo que os resultados obtidos permitirão melhorias no gerenciamento de risco desse setor industrial, possibilitando a melhoria da segurança dos trabalhadores, redução do risco de acidentes e, por conseguinte, redução da possibilidade de contaminação do meio ambiente.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

A delimitação do estudo desta dissertação é o processo de uma central de gás LP em uma usina de asfalto, porque além de ser uma área de concentração de fluido inflamável, é parte importante no processo de uma usina de asfalto no que tange à produção da massa asfáltica. Conforme já dito anteriormente os erros humanos ocorridos estão relacionados com as características das tarefas, que estão representadas neste trabalho pelos FDDHS: complexidade das tarefas, tempo disponível, qualidade dos procedimentos e treinamento; estão também relacionados com as características do trabalhador, tais como; experiência e estresse. Tais FDDHs geram outros fatores que não são tratados neste trabalho: falta de atenção e concentração na execução dos procedimentos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa dissertação apresenta uma estrutura com nove (09) Capítulos, quatro (04) Anexos e um (01) Apêndice, conforme descrito abaixo:

- Capítulo 1- Introdução:
Apresentação sintetizada do tema abordado e contextualização com a realidade do mesmo, definindo também os objetivos da pesquisa.
- Capítulo 2 - Referencial Teórico:
Apresentação das fontes de consulta utilizadas na pesquisa e considerações sobre as mesmas.
- Capítulo 3 – Método SPAR-H:
Apresentação do método adotado no trabalho para a modelagem e tabulação dos dados, de forma a obter subsídios que comprovem as falhas humanas.
- Capítulo 4 - Metodologia:
Detalhamento de todas as etapas necessárias para alcançar os objetivos específicos, apresentando os instrumentos utilizados, as formas de tabulação e tratamento dos dados.

- Capítulo 5 – Procedimentos Metodológicos:
Informações detalhadas da estrutura metodológica quanto à identificação do local, descrição do projeto de instalação, uso do método e análise dos resultados.
- Capítulo 6 – Alocação dos Resultados obtidos na Análise de Risco:
Alocação dos resultados de forma apropriada utilizando como referência a metodologia proposta no Projeto PRISM (2004) para avaliação do nível de alocação dos fatores humanos em um processo industrial.
- Capítulo 7 - Conclusão:
Apresentação das principais conclusões com base nas recomendações, conseqüentemente, com base na avaliação dos resultados obtidos no Capítulo 5.
- Capítulo 8 - Recomendações:
São desenvolvidas recomendações para melhoria das condições de trabalho com base na avaliação dos resultados obtidos no Capítulo 5.
- Capítulo 9 – Referências Bibliográficas:
Referências utilizadas para nortear o estudo proposto.
- Anexo A: Trata da Análise de Risco desenvolvida para a função Soldador
- Anexo B: Trata da Análise de Risco desenvolvida para a função Supervisor
- Anexo C: Trata do procedimento para a realização do teste de estanqueidade
- Apêndice: Descrição de Cenários Adversos: Descrição de casos reais em que houve situações de acidentes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITOS DE SEGURANÇA DO TRABALHO

Este capítulo da dissertação apresenta as principais fontes bibliográficas verificadas no site do PEA/UFRJ, Portal de Periódicos da CAPES e normas direcionadas para o desenvolvimento desta dissertação. Tais fontes bibliográficas substanciam a importância deste trabalho.

2.1.1 LEGISLAÇÃO

2.1.1.1 Decreto nº 6.271, de 22 de novembro de 2007

Promulga a Convenção nº 167 e a Recomendação nº 175 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) sobre a Segurança e Saúde na Construção, adotadas em Genebra, em 20 de junho de 1988, pela 75ª Sessão da Conferência Internacional do Trabalho. Esta Convenção aplica-se a todas as atividades de construção, isto é: trabalhos de edificação, obras públicas e trabalhos de montagem e desmonte, inclusive qualquer processo, operação e transporte nas obras, desde a preparação até a conclusão do projeto.

A Convenção 167 ganhou destaque com a adoção pela OIT, em 1988, devido a indústria de construção ser a atividade econômica em que mais ocorrem acidentes de trabalho e onde o risco de acidentes é maior. De acordo com as estimativas da OIT, dos aproximadamente 355 mil acidentes mortais que acontecem anualmente no mundo, pelo menos 60 mil ocorrem em obras de construção (OIT, 2005).

O tema da segurança e saúde na construção é relevante não só pelos altos índices de acidentes, mas também, porque a prevenção de acidentes de trabalho nas obras exige uma visão diferenciada devido à rotatividade dos postos de trabalho e pelo caráter temporário das obras do setor (OIT, 2005).

2.1.2 OHSAS 18001-Saúde e Segurança Ocupacional

Sistema de gerenciamento de saúde e segurança ocupacional (SGSSO) criado para promover um ambiente de trabalho seguro e saudável através de uma estrutura que permite à organização identificar e controlar sistematicamente os riscos à saúde e segurança, reduzir o potencial de acidentes, auxiliar na conformidade legislativa e melhorar o desempenho geral.

As áreas de ação e benefícios são: Planejamento da identificação de perigos, avaliação de riscos e controle dos riscos; Estrutura e responsabilidade; Treinamento, conscientização e competência; Consulta e comunicação; Controle operacional; Prontidão e resposta a emergências; Medição de desempenho, monitoramento e melhoria; Redução potencial no número de acidentes; Redução potencial nos tempos de parada e custos associados; Demonstração de conformidade legal e regulatória; Melhor gestão dos riscos relativos à saúde e segurança; e Redução potencial de seus custos de seguros por responsabilidade pública.

2.1.3 Consolidação das Leis do Trabalho Decreto Lei n.º 6.514

Apresentação resumida dos principais artigos que abordam o tema segurança e medicina do trabalho, bem como, as disposições gerais aplicáveis a esta dissertação:

- Art. 157 – disposições sobre a responsabilidade das empresas em cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho, instruir empregados, adotar as medidas determinadas pelo órgão regional competente e facilitar a fiscalização da autoridade.
- Art. 158 - disposições sobre a responsabilidade dos empregados em observar e colaborar com a aplicação das normas de segurança e medicina do trabalho.
- Art. 162 - disposições sobre a instituição dos serviços especializados em segurança e em medicina do trabalho (SESMT).
- Art. 163 - disposições sobre a constituição de Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA).

2.2 GERENCIAMENTO DE RISCO

Todas as construções por mais rudimentares que sejam passam pelas fases de levantamento, planejamento e execução, ou seja, uma materialização do pensamento do homem em sequências que sistematizam os serviços para obter o resultado desejado. O levantamento e o planejamento são baseados na coleta de custos, nos cronogramas e no projeto (NETO, 2012, p.24).

A fase de execução está empenhada nas seguintes etapas: logística de produção, qualidade dos materiais, disponibilidade de ferramentas e equipamentos e contratação de mão de obra qualificada. Toda esta coordenação que envolve o acompanhamento dos serviços e a supervisão da produção está focada na qualidade, segurança e otimização dos recursos disponíveis para produzir com a melhor qualidade, de forma sustentável e no menor prazo possível (NETO, 2012, p.24).

Essas ações agregam riscos ao empreendimento movidos pelas incertezas inerentes ao projeto e pela exposição do próprio trabalhador à execução do projeto, devido às relações diretas com o meio ambiente (NETO, 2012, p.24). As relações diretas são as variações de temperatura, ruídos, poeira, a complexidade das tarefas, ao estresse adquirido no desenvolvimento das tarefas, aderência à procedimentos.

Neste contexto, devido às potenciais possibilidades de ocorrência de acidentes na execução do projeto (fase de construção), surgiu a necessidade de criar padrões para avaliar, gerir, analisar e tratar os riscos de maneira a reduzi-los a níveis considerados aceitáveis (NETO, 2012, p.25).

2.2.1 Perigo

Segundo o Vocabulário Jurídico de De Plácido e Silva (2003, p.1030) o vocábulo perigo é derivado do latim *periculum*, e em sentido jurídico é: “toda eventualidade, que se receia ou que se teme, da qual possa resultar um mal ou dano, à coisa ou à pessoa, ameaçando-a em sua existência” (NETO, 2012, p.25).

Perigo é a propriedade intrínseca de uma substância, equipamento ou situação física com o potencial de causar danos (CONCAWE, 1997).

Perigo é a aptidão, a idoneidade ou a potencialidade de um fenômeno ser a causa de um dano, ou seja, é a modificação de um estado verificado no mundo exterior com a potencialidade de produzir a perda ou diminuição de um bem, o sacrifício ou a restrição de um interesse. (REALE, 2000).

Segundo as normas de certificação OSHAS18001, perigo é uma fonte ou situação com potencial para provocar danos em termos de lesão, doença, dano à propriedade, dano ao meio ambiente do local de trabalho, ou uma combinação destes.

Segundo Veyret (2007), perigo é empregado para definir as consequências objetivas de um acontecimento possível sobre um indivíduo, um grupo de indivíduos, sobre a organização do território ou sobre o meio ambiente.

A identificação dos perigos consiste na aplicação de técnicas estruturadas que identificam as possíveis sequências que podem levar a um acidente, que auxiliam a definir os cenários acidentais, que devem ser estudados de forma detalhada (NETO, 2012, p.26).

As técnicas disponíveis para a realização desta atividade são muitas e, dependendo do empreendimento a ser analisado e detalhamento necessário, devem ser utilizadas metodologias que sejam mais adequadas para o caso em estudo. Esta etapa poderá ser precedida da elaboração de uma análise histórica de acidentes, com vista a subsidiar a identificação dos perigos na instalação em estudo (NETO, 2012, p.26).

2.2.2 Risco

Segundo Rocha (2005), risco é a combinação de frequência e consequência de eventos indesejáveis, que envolvem perdas.

Richard e Barber (2005) definem risco como uma ameaça ao sucesso do projeto, onde o impacto final sobre o sucesso do projeto não é certo. O risco pode ser entendido como a probabilidade ou possibilidade de um infortúnio, insucesso ou resultado indesejado.

Na abordagem tradicional de engenharia a definição convencional é liderada por Wilson e Crouch (1982).

Esta definição está enraizada na teoria que o risco é um estado objetivo com conseqüências associadas às probabilidades de ocorrência. O problema premente é que eventos improváveis de conseqüências potencialmente grandes são equiparados com eventos freqüentes, de conseqüências menores (AVEN, 2010).

Haimes (2009) explica que a importância relativa de probabilidade e conseqüência é distorcida, portanto mascarando a criticidade de eventos extremos como falha de uma represa ou quedas de aviões. Uma vez que tais situações exigem diferentes estratégias de gestão.

Segundo a OHSAS 18.001 (2007), risco é a combinação da probabilidade de ocorrência de um evento perigoso ou exposição(ões) com a gravidade da lesão ou doença que pode ser causada pelo evento ou exposição(ões).

Assim, tem-se o risco somente quando se tem a exposição ao perigo. Então, o risco é relacionado à probabilidade de ocorrência, e a severidade (BERKENBROCK; BASSANI; 2010, p.46):

$$\mathbf{R = P \times S}$$

Onde:

R = risco

P = probabilidade

S = severidade (conseqüência)

Para facilitar, pode-se dizer que a probabilidade é o resultado de quantas vezes o risco pode virar um evento, e a severidade quão grande ou pequeno pode ser o dano à saúde, ao bem material ou a outro (BERKENBROCK; BASSANI; 2010, p.46).

Quando falamos na probabilidade estamos nos referindo na freqüência do erro humano ocorrer, onde uma avaliação das conseqüências (severidade) é oportuna uma vez que o impacto gerado por um erro humano na execução de instalação para o gás LP pode ocasionar incêndios, explosões e danos a propriedades.

2.2.3 Ferramentas de análise de riscos

Diversas ferramentas são aplicadas atualmente para identificar os cenários de perigos, reconhecimento, avaliação dos riscos bem como determinar medidas preventivas e mitigadoras da ocorrência de riscos ambientais (NETO, 2012, p.27). As ferramentas mais aplicadas são listadas abaixo:-

Análise por Árvore de Eventos

Analisa a sucessão de causas possíveis para a ocorrência de um sinistro. Estrutura a sucessão de todas as causas prováveis, calcula a probabilidade de cada causa acontecer isoladamente, e através de uma análise matemática, calcula a probabilidade de um certo evento ocorrer.

Estudo de Perigos e Operabilidade (Hazop)

Visa identificar os perigos e os problemas na operabilidade de uma instalação de processo. O desenvolvimento da técnica é a investigação de forma minuciosa e metódica de cada segmento de um processo, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas conseqüências.

Análise de modos e efeitos de falhas (FMEA)

A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (do inglês Failure Mode and Effect Analysis), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo (TOLEDO, J. C; AMARAL, D. C, 2006, p.01).

Este é o objetivo básico desta ferramenta e, portanto, pode-se dizer que se está, com sua utilização, diminuindo as chances do produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, estamos buscando aumentar a confiabilidade, que é a probabilidade de falha do produto/processo (TOLEDO, J. C; AMARAL, D. C, 2006, p.01).

Esta dimensão da qualidade, a confiabilidade, tem se tornado cada vez mais importante para os consumidores, pois, a falha de um produto, mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia, causa, no mínimo, uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo. Além disso, cada vez mais são lançados produtos em que determinados tipos de falhas podem ter consequências drásticas para o consumidor, tais como aviões e equipamentos hospitalares nos quais o mal funcionamento pode significar até mesmo um risco de vida ao usuário (TOLEDO, J. C; AMARAL, D. C, 2006, p.01).

Apesar de ter sido desenvolvida com um enfoque no projeto de novos produtos e processos, a metodologia FMEA, pela sua grande utilidade, passou a ser aplicada de diversas maneiras. Assim, ela atualmente é utilizada para diminuir as falhas de produtos e processos existentes e para diminuir a probabilidade de falha em processos administrativos. Tem sido empregada também em aplicações específicas tais como análises de fontes de risco em engenharia de segurança e na indústria de alimentos (TOLEDO, J. C; AMARAL, D. C, 2006, p.01).

Análise Preliminar de Perigos (APP)

Trata-se de uma técnica estruturada que tem por objetivo identificar os perigos presentes numa instalação, que podem ser ocasionados por eventos indesejáveis. A APP deve focalizar todos os eventos perigosos cujas falhas tenham origem na instalação em análise, contemplando as falhas intrínsecas dos equipamentos, instrumentos e materiais. Na APP devem ser identificados os perigos, as causas e os efeitos (consequências) e as categorias de severidade, bem como as observações e recomendações pertinentes aos perigos identificados, devendo os resultados ser apresentados em planilha padronizada.

2.2.4 Matriz de riscos

A matriz de risco pode ser conceituada como o resultado da mensuração qualitativa de riscos, onde temos a definição do nível de risco. Essa definição é composta por todas variáveis vistas anteriormente, como a probabilidade e a severidade. Assim a ferramenta matriz de risco pode ser utilizada nos mais diversos segmentos da indústria. Bergamini (2005) diz que a tabulação dos riscos em uma matriz permite a clara e ordenada identificação dos riscos que podem afetar a empresa, tanto em termos de frequência quanto de impactos (BERKENBROCK; BASSANI; 2010, p.51).

Em geral, adota-se uma classificação qualitativa para os níveis de frequência e de impactos, que poderá variar em função do processo avaliado, da cultura da empresa ou do segmento de mercado de atuação da empresa, entre outros fatores (BERKENBROCK; BASSANI; 2010, p.51).

A matriz de risco é construída pela composição das variáveis severidade e frequência, podendo ser particionada em regiões que caracterizam os níveis de risco avaliados. A definição dos níveis pode variar em função do perfil de risco do gestor, dos processos avaliados e dos produtos operacionalizados (BERKENBROCK; BASSANI; 2010, p.51).

2.3 NORMAS DE SEGURANÇA APLICÁVEIS

2.3.1 Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977

Altera o Capítulo V da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à Segurança e Medicina do Trabalho. Normas Regulamentadoras - NR, aprovadas pela portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978.

A regulamentação da prevenção de acidentes no Brasil está prevista na Consolidação das Leis do Trabalho - CLT. O efetivo detalhamento dos requisitos preventivistas estão estipulados nas Normas Regulamentadoras – NR's, e constituem a espinha dorsal da Legislação de Segurança do Trabalho e Saúde Ocupacional no Brasil. Estas Normas estão

sendo desenvolvidas ao longo do tempo e ainda estão passando por revisões objetivando torná-las consistentes com os parâmetros internacionais e nacionais (NETO, 2012, p.17).

A leitura detalhada e criteriosa da Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977 resultou no extrato de Normas Regulamentadoras que são aplicadas à esta dissertação que podem afetar o desempenho dos trabalhadores durante a instalação de gás LP em uma usina de asfalto.

2.3.2 Relação de Normas Regulamentadoras aplicáveis

- NR01 (Disposições Gerais) – Esta norma regulamentadora menciona que o empregador deve cumprir e fazer cumprir as disposições legais no que diz respeito à segurança e medicina do trabalho, onde a elaboração da Ordem de Serviço sobre segurança do trabalho necessita mencionar as atividades que o trabalhador desenvolverá, os riscos envolvidos na tarefa bem como as orientações de segurança.
- NR04 (Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho) – Esta norma regulamentadora menciona que as empresas devem disponibilizar profissionais qualificados em segurança e medicina do trabalho afim de cumprir as disposições legais, onde estes profissionais orientarão os funcionários quanto à execução das tarefas, análise de risco e programas para redução e/ou eliminação de acidentes.
- NR05 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) – Esta norma regulamentadora menciona que as empresas devem constituir uma comissão afim de prevenir os acidentes e doenças decorrentes do trabalho, tornando o ambiente de trabalho compatível com a preservação da vida e promoção da saúde do trabalhador.

2.4 ERGONOMIA

A ergonomia é definida “como o conjunto dos conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos, que possam ser utilizados com o máximo de conforto, de segurança e eficácia” (WISNER, 1993).

Segundo Vidal (2002), o que é verdadeiro para a Ergonomia é verdadeiro para toda ciência interdisciplinar: não é a matéria apenas que a torna autônoma, mas o objetivo. O objetivo das pesquisas em Ergonomia é o estudo das trocas regulamentadas entre o ambiente profissional e o trabalhador.

A Ergonomia situa-se num campo fronteiro entre as ciências humanas, biológicas e exatas; produz seus próprios resultados sobre as condições do desempenho do homem em situação de trabalho; está voltada para a concepção e/ou transformação dessas situações, considerando todas as características das pessoas em atividade. A Figura 2 apresenta o campo de estudo da ergonomia (MENEZES, 2014, p.20).



Figura 2. Campo de estudo da ergonomia. (Fonte: Gontijo e Motter, 2012)

Intervenção ergonômica é transformar o trabalho, contribuindo para o projeto de situações de trabalho que não afetem a saúde das pessoas, e nas quais elas possam exercer suas competências tanto individuais quanto coletivas e encontrar possibilidades de valorização destas capacidades. Estes dois objetivos podem ser complementares se a análise tratar das interações entre as duas lógicas envolvidas: uma centrada sobre o social e outra centrada sobre a produção. Importante definir a delimitação, mas, sobretudo a maneira como se define o objeto da ação e os critérios acima referidos (MENEZES, 2014, p.20).

Segundo Vidal (2002), "A Ergonomia é uma ciência que visa o máximo rendimento, reduzindo os riscos do erro humano ao mínimo, ao mesmo tempo em que trata de diminuir, dentro do possível, os perigos para o trabalhador. Estas funções são realizadas com a ajuda de métodos científicos e tendo em conta, simultaneamente, as possibilidades e as limitações humanas devido à anatomia, fisiologia e psicologia". A Associação Internacional de Ergonomia divide o tema em três domínios de especialização. São elas: Ergonomia Física; Ergonomia Organizacional; e Ergonomia Cognitiva.

Tarefa é o trabalho prescrito e refere-se àquilo que a pessoa deve realizar. A tarefa é entendida através de procedimentos e instruções documentadas. (LABORATÓRIO DE UTILIDADE DE INFORMÁTICA. Hiperdocumento. Tarefa e Atividade, Rio de Janeiro. Disponível em < http://www.labiutil.inf.ufsc.br/hiperdocumento/unidade2_1_2.html >. Acesso em: 06 jan.2016.)

Atividade é o trabalho como efetivamente é realizado e refere-se ao modo como a pessoa realmente realiza sua tarefa. (LABORATÓRIO DE UTILIDADE DE INFORMÁTICA. Hiperdocumento. Tarefa e Atividade, Rio de Janeiro. Disponível em < http://www.labiutil.inf.ufsc.br/hiperdocumento/unidade2_1_2.html >. Acesso em: 06 jan.2016.)

Através desta diferenciação se busca entender como o trabalho funciona e como ele deve ser realizado de forma correta e segura. A análise revela aspectos importantes como por exemplo as operações efetuadas, seu encadeamento, suas dificuldades, frequências, causas e condições de aparecimento dos acidentes, isto é, conhecer as informações necessárias que podem induzir as pessoas ao erro. (LABORATÓRIO DE UTILIDADE DE INFORMÁTICA. Hiperdocumento. Tarefa e Atividade, Rio de Janeiro. Disponível em < http://www.labiutil.inf.ufsc.br/hiperdocumento/unidade2_1_2.html >. Acesso em: 06 jan.2016.)

Segundo a Associação Brasileira de Ergonomia (www.abergo.org.br): Ergonomia física está relacionada com as características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em sua relação à atividade física. Os tópicos relevantes incluem o estudo da postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de posto de trabalho, segurança e

saúde. Ergonomia cognitiva refere-se aos processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora conforme afetem as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Os tópicos relevantes incluem o estudo da carga mental de trabalho, tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem computador, estresse e treinamento conforme esses se relacionem a projetos envolvendo seres humanos e sistemas. Ergonomia organizacional concerne à otimização dos sistemas sócio-técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e de processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, gerenciamento de recursos de tripulações (CRM - domínio aeronáutico), projeto de trabalho, organização temporal do trabalho, trabalho em grupo, projeto participativo, novos paradigmas do trabalho, trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede, tele-trabalho e gestão da qualidade (MENEZES, 2014, p.21).

A gestão da NR-17 dentro da empresa tem uma importância muito grande quando falamos da satisfação do trabalhador ao realizar suas atividades laborativas, na diminuição do absenteísmo por doenças ocupacionais (LER-DORT), acidentes de trabalho e desperdício de material. Tudo isso gera produtividade com qualidade no trabalho de suma importância a integração Trabalhador x Empresa e como consequência lucros, saúde do trabalhador e crescimento sócio-econômico da empresa. O constante empenho da fiscalização da Delegacia do Trabalho na solicitação para as empresas realizarem a análise ergonômica nos dias atuais tem sido uma forma de minimizar as doenças ocupacionais e acidentes de trabalho associado à NR-17 (MENEZES, 2014, p.21).

2.4.1 Análise Ergonômica do Trabalho (AET)

A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) deve gerar um diagnóstico claro para conduzir e orientar modificações visando a melhoria das condições de trabalho nos pontos críticos que foram evidenciados (MENEZES, 2014, p.21). A NR-17 apresenta as principais etapas da AET:

- Identificação da Demanda: Coletar informações preliminares para o conhecimento da demanda e do contexto de uma forma geral.
- Análise Global da Empresa/Contexto de Trabalho: Conhecer o funcionamento global da empresa (organograma, principais processos, produtos, etc).

- **Análise da População de Trabalhadores:** Conhecer os atores envolvidos neste contexto. Informações como sexo, idade, função, tempo de empresa e tempo na função, jornada de trabalho, que podem auxiliar no desenvolvimento do estudo.
- **Definição das Situações de Trabalho a Analisar:** Baseado na demanda inicial, as situações de trabalho a analisar são definidas.
- **Descrição das Tarefas Realizadas pelos trabalhadores:** Com o objetivo de se conhecer quais são as tarefas prescritas é realizado um levantamento dos procedimentos existentes. A tarefa corresponde a um modo de apreensão concreta do trabalho, que tem como objetivo reduzir ao máximo o trabalho improdutivo, ponto de vista da gestão, e otimizar o trabalho produtivo. A tarefa corresponde de um lado a um conjunto de objetivos designados ao trabalhador, e, de outro lado a um conjunto de prescrições, definidas externamente ao trabalho, a fim de atingir estes objetivos.
- **Estabelecimento de um Pré- Diagnóstico:** Diante das informações coletadas nas fases anteriores, é possível estabelecer um pré-diagnóstico, que consiste numa síntese dos problemas encontrados.
- **Observação Sistemática da Atividade:** Esta etapa ocorre a partir de um recorte das ações dos trabalhadores, utilizando a forma de observação participativa que consiste em observar e ao mesmo tempo interagir com o observado, procurando entender as atividades que estão sendo realizadas, como por exemplo: o quê, como, para quê, em quais condições, etc. Podemos dizer que a observação sistemática é uma investigação que tem como objetivo descobrir as causas que provocam os problemas listados no pré-diagnóstico, mas não limitante a estes, pois no decorrer desta etapa novas questões podem surgir e contribuir para o andamento do estudo (HEBEDA e LUQUETTI DOS SANTOS, 2012).
- **Recomendações/Diagnóstico:** Os frutos colhidos durante a construção de toda a AET possibilitam estabelecer um diagnóstico, relacionando a atividade desenvolvida pelos trabalhadores.
- **Validação do Diagnóstico:** Nesta etapa procura-se validar junto aos atores envolvidos todas as representações levantadas na AET, a fim de se garantir a pertinência dos resultados.
- **Projeto das Modificações:** Com base na compreensão do trabalho dos trabalhadores, é possível propor medidas para transformação da situação atual de trabalho, objetivando melhorar as condições de trabalho.

A Figura 3 apresenta uma representação do estudo da Análise Ergonômica do Trabalho (MENEZES, 2014, p.23)

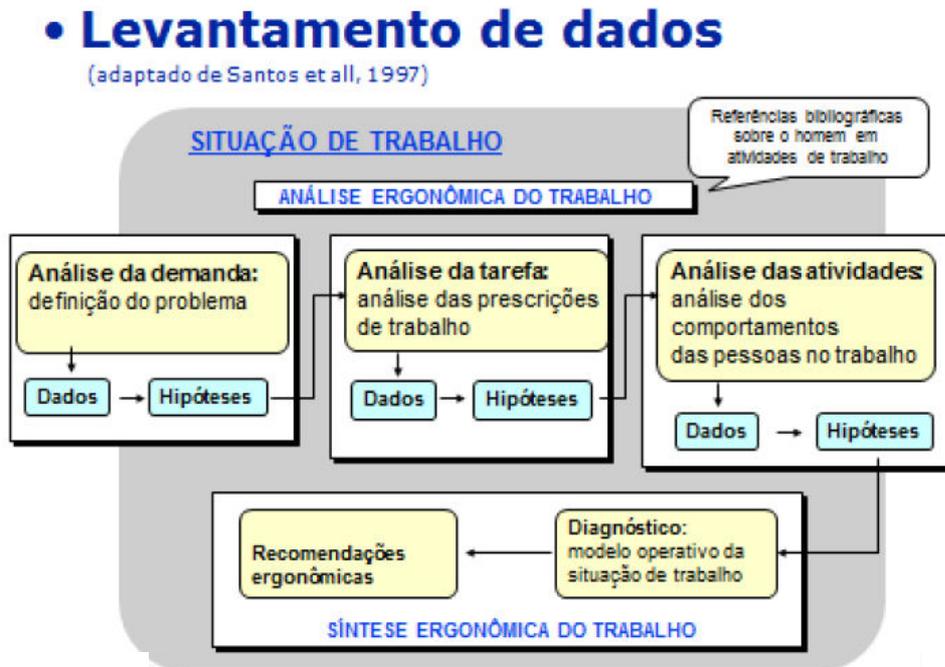


Figura 3. Levantamento de dados. (Fonte: Gontijo e Motter, 2012)

Segundo Santos *et al.* (1997), as seguintes informações e observáveis são de vital importância para análise ergonômica do trabalho:

- Sistemas/Equipamentos: Princípios de funcionamento (mecânico, elétrico, hidráulico, pneumático, eletrônico), dimensões características (croqui, foto, fluxograma de produção), botoeiras, interfaces.
- Informações referentes às ações realizadas: As ações imprevistas ou não programadas; as principais posturas de trabalho assumidas pelo operador (ou operadores); os principais deslocamentos realizados pelo operador; as principais regulações ao nível do homem, do posto, do sistema.
- Dados referentes ao ambiente de trabalho: O espaço e os locais de trabalho (dados antropométricos e biomecânicos); o ambiente térmico (ruído, temperatura, vibração).

- Dados referentes aos órgãos sensoriais: Campo visual do operador; riscos de ofuscamento (fontes de informação de alto contraste); acuidade visual; sensibilidade às diferenças de cores; acuidade auditiva; problemas de audição (notadamente em razão de uma intensidade sonora muito elevada).

- Dados a serem levantados referentes aos dispositivos: Número e variedade de comandos; posição, distância relativa dos sinais e dos comandos associados; intervalo entre o aparecimento do sinal e o início da ação; rapidez e frequência das ações realizadas pelo operador; nível de correspondência entre a forma dos comandos e suas funções; nível de coerência no sentido dos movimentos de comandos; posição dos comandos em relação às zonas de alcance das mãos e dos pés;

- Dados a serem levantados referentes às características do operador: Posturas; exigências antropométricas; posição dos membros do operador envolvidos pelos diferentes comandos da máquina; ações simultâneas das mãos ou dos pés; nível de conformidade dos deslocamentos dos comandos em relação aos estereótipos dos operadores; nível de compatibilidade entre o efeito de uma ação sobre comando, percebido (ou imaginado) pelo operador; número de informações a serem memorizadas.

2.5 CONFIABILIDADE HUMANA

A confiabilidade humana é tratada como um fator crítico para se alcançar o sucesso, pois é utilizada para minimizar o número de acidentes pessoais, impactos ambientais e o número de ocorrências que levam a perda de produção (MEISTER, 1990).

De acordo com Hollnagel (2005) o termo “confiabilidade humana” é geralmente definido como a probabilidade de que uma pessoa execute corretamente alguma atividade exigida pelo sistema durante um determinado período de tempo (se o tempo for um fator limitante) sem realizar outra atividade que possa degradar o sistema. Historicamente, a necessidade de desenvolver um conjunto de métodos para Análise da Confiabilidade Humana (ACH) foi em função da necessidade de descrever as prováveis ações humanas incorretas e seu impacto na Análise Probabilística da Segurança (APS).

Análise de Confiabilidade Humana (ACH) é uma ferramenta utilizada para melhorar o desempenho humano e estimar a confiabilidade humana, podendo fornecer informações tanto qualitativas, quanto quantitativas (SANTOS *et al.*, 2008). As informações qualitativas identificam as ações críticas que um trabalhador deve realizar para desenvolver uma tarefa a contento, identificando ações errôneas (indesejadas) ou ações inseguras, que podem degradar o sistema, identificando situações onde o erro humano é mais provável, identificando também, qualquer fator ligado ao desempenho humano que pode contribuir para a ocorrência de tais erros (OLIVEIRA, 2012, p.20)

Os dados quantitativos fornecidos pela ACH são estimativas numéricas da probabilidade de que uma tarefa será desenvolvida de maneira incorreta ou de que ações não desejadas serão realizadas (SANTOS *et al.*, 2008).

Alguns métodos de ACH são fortemente influenciados pelo enfoque da APS e dependem de dados quantitativos para a avaliação das ações humanas. Geralmente são quatro as fontes de onde esses dados são obtidos: elicitación de especialistas, simuladores, experimentos e experiência operacional (LUQUETTI *et al.*, 2005).

2.6 ERRO HUMANO

O erro humano, se intencional ou não intencional é definido como qualquer ação humana ou a sua falta, que excede ou falha em atingir um limite de aceitabilidade, onde os limites do desempenho humano são definidos pelo sistema (KIRWAN, 2010).

Segundo Reason (1990), erro humano é um termo genérico usado para englobar todas as ocasiões nas quais uma sequência planejada de atividades mentais e/ou físicas falha em alcançar seu objetivo intencional, e quando estas falhas não podem ser atribuídas pela intervenção de algum outro agente.

Segundo Swain e Guttman (1983), os erros humanos são classificados como:

- Erro de Omissão (EOM): caracterizado pela falta de ação, quando se omite totalmente ou parcialmente uma tarefa.

- Erro de Comissão (ECOM): caracterizado pelo desempenho incorreto de uma tarefa ou de uma ação. Os operadores que cometem um erro de comissão, geralmente, executam ações corretas de acordo com sua compreensão e conhecimento atual do sistema e, também, devido ao comportamento do sistema.

Os erros do tipo comissão podem ser classificados como (NETO, 2012, p.29):

- Erros na sequência: Erro na sequência da realização das ações de uma tarefa.
- Erro na seleção: Erro na escolha dos controles.
- Erro no tempo: Ação realizada em um momento não adequado.
- Erro na qualidade: Má qualidade na execução da ação

Segundo REASON (1994), as ações humanas inseguras são classificadas como não intencionais (erros humanos) e intencionais (violações). As ações não intencionais são do tipo deslizes, lapsos e enganos. Normalmente, quando ocorrem deslizes ou lapsos, o planejamento é satisfatório, mas ações se desviam da intenção, de modo não intencional. As tarefas são familiares, mas ocorre uma omissão, esquecer uma etapa de uma tarefa por falta de atenção ou por falha da memória. O treinamento não elimina esse tipo erro. O erro do tipo engano é baseado em um julgamento ou uma decisão equivocada. Consiste na realização de ações erradas, acreditando que as mesmas estão certas. Neste caso, geralmente são situações não familiares (novas). O treinamento elimina esse tipo de erro (NETO, 2012, p.30). A Figura 4 ilustra o texto.

Diferenciação das ações não seguras em intencionais e não intencionais

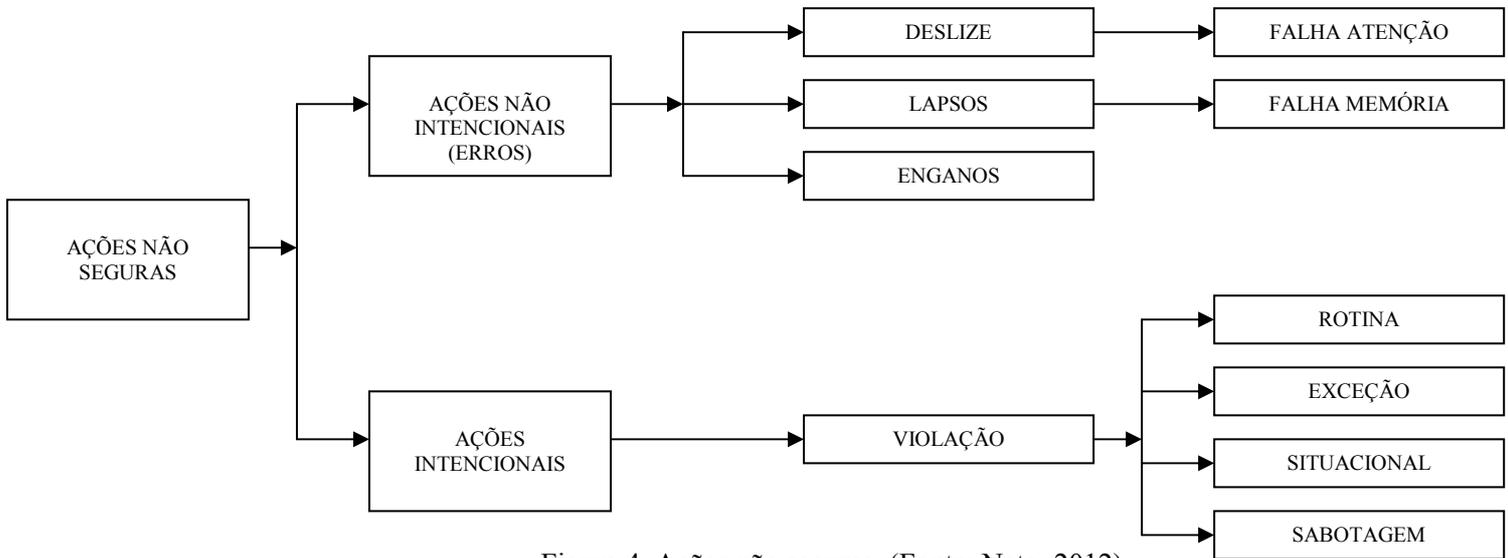


Figura 4. Ações não seguras. (Fonte: Neto, 2012)

2.7 FATORES QUE AFETAM O DESEMPENHO DOS TRABALHADORES (FDDH)

Fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores (*FDDH*) são aqueles que podem contribuir para a ocorrência do erro humano, pois proporciona situações onde o erro é provável (EMBREY, 2001).

Os fatores delimitadores do desempenho humano correspondem a um grupo de informações relacionadas com as habilidades, limitações, experiência e outras características humanas que são relevantes para o projeto de um sistema (NUREG 711, 2002).

O esforço para melhorar a segurança da planta industrial está centrado na melhoria do desempenho humano, na minimização da ocorrência de erros em todos os níveis da organização e na validação da integridade das defesas, barreiras, controles ou salvaguardas, sobretudo para sistemas de alto risco (KIRWAN, 1994).

Para minimizar os erros humanos é necessário considerar os fatores que afetam o desempenho humano (*FDDH*). Os *FDDHs* podem ser externos, internos ou estressores (SWAIN; GUTTMANN, 1983). Os *FDDHs* externos incluem todo o ambiente de trabalho, os equipamentos, os procedimentos escritos ou instruções verbais. Os *FDDHs* internos representam as características individuais das pessoas, suas habilidades, sua motivação e as

expectativas. Os estressores são os psicológicos e fisiológicos que resultam do ambiente de trabalho, quando as exigências do sistema não estão em conformidade com a capacidade e as limitações do trabalhador (OLIVEIRA, 2012, p.17)

Os principais fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores estão listados no Quadro 1:

Fatores externos, internos e estressores

FATORES EXTERNOS
Condições de localização / acesso aos locais das ações
Temperatura
Umidade
Qualidade do ar
Iluminação
Ruído
Vibração
Grau de limpeza em geral
Relação horas de trabalho / descanso
Disponibilidade e adequação de instrumentos e ferramentas especiais
Condições de acesso / manuseio dos controles dos equipamentos
Condições de visualização dos displays dos equipamentos
Diferenciação no formato / cor / localização para os controles / displays
Organização de plantões e o número de operadores por tempo de trabalho
Necessidade de rapidez e precisão na execução de determinadas tarefas
Necessidade de interpretação para determinadas tarefas
Condições / clareza para tomada de decisões
Repetitividade em determinadas tarefas
Grau de complexidade em determinadas tarefas
Realização de cálculos em algumas atividades
Comunicação entre os membros da equipe
Qualidade da interface homem-máquina
Estado das ferramentas e instrumentos utilizados nas atividades
Existência de procedimentos / instruções de trabalho
Existência ou não de instruções escritas para realização de diagnósticos
Coerência nos métodos de trabalho
Erro de conteúdo e/ou de seqüência nos procedimentos escritos
Comodidade na execução das tarefas
FATORES INTERNOS
Tempo de experiência na função
Conhecimento na área de atuação
Familiaridade com ações de resposta a situações de emergência
Estado emocional
Identificação com o grupo de trabalho
Condições físicas do operador
FATORES ESTRESSORES
Estresse em situações de emergência
Duração do estresse
Risco de exposição a perigos
Carga de trabalho
Monotonia no trabalho
Períodos longos de vigilância sem ocorrências

Aparição ocasional de ruídos ou outros fatores que causam distração Disparos acidentais e rotineiros de alarmes Caso de fadiga
--

Quadro 1. Principais fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores. (Fonte: Swain & Gutmann, 1983 *apud* Nascimento, 2010)

A combinação entre os *FDDHs* tem como resultado o estresse que degrada o desempenho humano. Situações de trabalho adequadamente projetadas, compatíveis com as necessidades, capacidades e limitações humanas, levando em consideração os fatores que afetam o desempenho humano, podem criar condições que otimizem o desempenho do trabalhador e minimizem os erros humanos (SANTOS *et al.*, 2011). Quando os *FDDHs* relevantes para uma determinada situação de trabalho são ótimos, o desempenho também será melhor, e a probabilidade de erro será minimizado (OLIVEIRA, 2012, p.19).

Os aspectos que formam o contexto no qual o ser humano deve se adequar, processar as informações e dar as respostas que o meio espera, podem ser agrupados em três sistemas: o Cognitivo, o Social e o Situacional. O Sistema Cognitivo agrupa “*toda capacidade de processar informações, de reagir ao que percebemos no mundo e em nós mesmos*”. (BARBOSA, 2009). O Sistema Cognitivo tem grande importância na ACH, por estar ligado ao processo de diagnose de uma determinada situação. Um erro na diagnose pode ter como consequência um erro de comissão ou erro de omissão, este último por sua vez, pode desencadear um erro de comissão (exemplo: um operador comete um erro na diagnose, que leva o operador a cometer um erro de omissão, a omissão do operador fez com que ele realizasse uma ação no lugar da ação omitida, então o operador faz também um erro de comissão).

A lista completa dos fatores que influenciam o desempenho dos trabalhadores pode ser usada como uma ferramenta de verificação, para identificar áreas problemáticas que darão origem a um aumento potencial de erro. *FDDHs* podem também ser utilizados no processo de investigação de um incidente ou acidente (EMBREY, 2001).

Para melhorar o desempenho humano, em função dos *FDDHs*, análises precisam ser realizadas, tais análises podem implicar em: mudanças no projeto hardware/software; modificações nas diretrizes corporativas, que podem afetar: o desenvolvimento dos

profissionais; a cultura de segurança; o processo de treinamento; além de provocar modificações na carga de trabalho dos funcionários (LORENZO, 2001).

Os potenciais erros humanos associados às tarefas específicas devem ser identificados, para que medidas preventivas possam ser implementadas. Além disso, as estimativas de probabilidades de erro humano são necessárias como base para a avaliação do custo/benefício do projeto, estabelecimento de diretrizes ou de procedimentos e também como base de dados para avaliar quantitativamente o risco (LORENZO, 2001).

2.8 MÉTODOS DE ANÁLISE DE CONFIABILIDADE HUMANA

Os métodos de análise de confiabilidade humana objetivam o cálculo e a redução da probabilidade de ocorrência dos erros humanos e de suas conseqüências (OLIVEIRA, 2012, p.21).

A probabilidade de ocorrência de erro humano (PEH) é a probabilidade de que aconteça um erro humano (falha humana) na realização de uma tarefa (OLIVEIRA, 2012, p.21).

$$PEH = (\text{Número de erros humanos cometidos} / \text{Número de oportunidades})$$

Dentro deste contexto, os métodos de ACH podem ser classificados como métodos de primeira ou segunda geração (OLIVEIRA, 2012, p.21).

Os métodos de primeira geração consideram que todas as etapas de uma tarefa são realizadas através de procedimentos definidos e que a realização de cada subtarefa é crucial para o sucesso total da tarefa, ou seja, um erro em uma subtarefa compromete a tarefa como um todo. Os erros humanos considerados são de omissão e de comissão (OLIVEIRA, 2012, p.21).

Os métodos de segunda geração incorporam aspectos da cognição humana, ergonomia, psicologia. Seus objetivos são identificar as ações que requerem atividades cognitivas importantes, determinando as condições e ações que podem constituir uma fonte de risco;

incorporar conhecimentos relacionados com a interação usuário sistema; identificar e modelar os erros de comissão (OLIVEIRA, 2012, p.21).

Os métodos de ACH clássicos na literatura são os apresentados a seguir.

2.8.1 SPAR-H (Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis) -

A metodologia SPAR-H começou a ser desenvolvida em 1994 pelo Idaho National Laboratory para a U.S. Nuclear Research Commission do Office of Nuclear Regulatory Research, com o objetivo de ser uma abordagem que permitisse o desenvolvimento de modelos probabilísticos de avaliação da confiabilidade humana em centrais nucleares. Numa fase inicial foi designada de *Accident Sequence Precursor Standardized Plant Analysis Risk Model* (ASP/SPAR), tendo sido atualizada em 1999, fruto da experiência adquirida no trabalho de campo e renomeada com o nome atual. Estas e outras alterações culminaram na produção de mais um relatório do Idaho National Laboratory para a U.S. Nuclear Research Commission do Office of Nuclear Regulatory Research com o título NUREG CR- 6883 - The SPAR-H Human Reliability Analysis Method (GERTMAN, 2002), que é considerado como referência na aplicação da metodologia SPAR-H.

O método SPAR-H (Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis) é um método de abordagem simplificada, sendo destinado ao desenvolvimento da Avaliação Probabilística de Segurança (APS) (NUREG-6883) e no suporte a análise de eventos. A estrutura básica é apresentada a seguir (NUREG-6883):

- Decompor as probabilidades em contribuições de falhas de diagnóstico ou falha de ação.
- Avaliação do contexto associado com os Eventos de Falha Humana (EFH) usando os Fatores de Desempenho Humano (FDH)
- Uso de Probabilidade de Erro Humano (PEH) pré-definidas e dos Fatores de Desempenho Humano (FDH) definidos em tabelas específicas, de forma a atribuir corretamente às PEH's os valores de FDH's.
- Neste trabalho não serão analisadas as incertezas, visto que os erros humanos identificados neste trabalho estão dentro de uma causalidade determinística, ou seja,

o erro humano (efeito) ocorrerá caso um conjunto de causas ocorra, diminuindo a incerteza na relação causal (SOUZA; FIRMINO; DROGUETT, 2010, p.11). Sendo assim, o não tratamento das incertezas não afetará a credibilidade dos resultados, bem como as conclusões apresentadas. Neste trabalho também não serão analisadas as dependências entre as diferentes tarefas (diagnose e execução) do soldador e do montador.

- Uso de planilhas desenvolvidas especialmente para assegurar uma análise consistente

O SPAR-H é usado para apoiar os analistas em identificar possíveis vulnerabilidades potenciais. O SPAR-H pode ser utilizado para caracterizar ações pré-iniciadoras, ou seja, ações relacionadas ao início do evento. A quantificação do SPAR-H é utilizada por ser eficiente e não exceder e/ou consumir tempo ao representar as decisões e ações humanas no final da análise. Embora SPAR-H tenha sido usado inicialmente no desenvolvimento do modelo SPAR (*Standardized Plant Analysis Risk*) e como parte do processo de análise de eventos desenvolvido pela NRC, a metodologia pode ser usada para apoiar o estudo de interações humanas em análises de ACH mais detalhadas e complexas.

2.8.2 THERP (Technique for Human Error Rate Prediction)

Método de ACH de primeira geração que identifica principalmente erros do tipo omissão e alguns erros de comissão, a partir de um banco de dados erros humanos (SWAIN; GUTTMANN, 1983). O operador ao cometer um erro de omissão, pode está cometendo simultaneamente um erro de comissão, pois quando o operador omite uma ação, ele realiza outra no seu lugar, que não devia. O operador comete um erro de omissão e na sequência comete um erro de comissão.

Os procedimentos do método THERP são (NUREG/CR-1278):

- Coleta de Informações: Visitar a planta, conhecer os sistemas, procedimentos e tarefas;
- Decomposição das tarefas em etapas (análise hierárquica das tarefas): Ações realizadas (equipamentos e sistemas), informações desempenho, identificar prováveis

erros em cada etapa (omissão) considerando os fatores que afetam desempenho humano;

- Desenvolver árvore eventos ou árvore de falhas a partir dos erros listados;
- Determinar as probabilidades nominais de ocorrência dos erros omissão e comissão. (banco de dados - descrições mais similares);
- Estimar os efeitos dos FADs nas probabilidades nominais: Probabilidades Modificadas;
- Determinar os efeitos dos fatores de recuperação: A inclusão desses fatores aumenta a probabilidade de sucesso;
- Cálculo da Probabilidade Total.

2.8.3 ATHEANA (A Technique for Human Error Analysis)

Método de análise de confiabilidade humana de segunda geração, centrado na identificação dos erros humanos do tipo comissão, tratando também os erros de omissão. Tem uma abordagem mais realística da interação usuário sistema com a inclusão dos aspectos cognitivos. Reconhece a necessidade da multidisciplinaridade: engenharia, psicologia, ergonomia, projetistas, etc.

Importantes eventos de falhas humanas (não previstos no projeto e treinamento), especialmente os erros de comissão, representam situações nas quais o contexto (FDDHs, condições da planta) que envolve um evento pode levar o operador ao erro (NUREG/CR-6350).

Alguns incidentes e acidentes mostram que as falhas humanas podem ocorrer mesmo que os usuários sigam corretamente todos os procedimentos. Alguns fatores contribuem para esta situação: determinados cenários não considerados durante o treinamento dos usuários; indisponibilidade e falhas múltiplas de equipamentos, não previstas no treinamento baseado em simuladores.

Procedimentos do método ATHEANA (NUREG-1624):

- Identificar e definir os eventos de falhas humanas, com base nos requisitos funcionais dos sistemas associados aos eventos identificados nas árvores de evento;
- Identificar potenciais ações inseguras que podem causar cada Evento Falha Humana (EFH), por exemplo: Sinais de inicialização foram desabilitados pela equipe manutenção;
- Para cada tipo de ação insegura, identificar as funções cognitivas que podem originar tal ação, por exemplo: Falha no processamento de informação, avaliação da situação, planejamento da resposta, implementação da resposta;
- Processo inicial para identificar os FDDHs que influenciam na falha do processamento das informações. Para cada tipo de ação insegura e sua razão associada, identificar os potenciais fatores de contexto, por exemplo: Falha de comunicação, falha organizacional, que levam ao erro;
- Para cada tipo de ação insegura, estimar a probabilidade de ocorrência dos fatores de contexto que levaram ao erro (EFC) e a probabilidade de ocorrência das ações inseguras.

2.8.4 SLIM-MAUD (Success Likelihood Index Methodology Multi-Attribute Utility Decomposition)

O uso de julgamentos por especialistas foi explorado para desenvolver um método de análise da confiabilidade humana. Este método considera a probabilidade de ocorrência de erro humano como uma função dos fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores (FADs). Este modelo é conhecido como SLIM-MAUD (EMBREY et al., 1984) (*Success Likelihood Index Methodology, Multi-Attribute Utility Decomposition*). Através de uma análise destes fatores nos diferentes ambientes de trabalho e considerando as opiniões de especialistas em segurança, projetistas e operadores, é possível determinar quais são aqueles que mais contribuem para o erro humano. Segundo os autores, situações de trabalho adequadamente projetadas, compatíveis com as necessidades, capacidades e limitações humanas, levando em considerando os fatores que afetam o desempenho, podem criar condições que otimizem o desempenho do trabalhador e minimizem os erros humanos. A não

combinação desses fatores pode afetar o desempenho humano, acionando o mecanismo de erro humano (EMBREY et al., 1984).

Procedimentos do método SLIM-MAUD (EMBREY et al., 1984):

- Definição dos critérios para escolha de um grupo de especialistas
- Desenvolver uma série de ações para cada evento escolhido: análise hierárquica das tarefas
- Escolha de um determinado número de FADS (exemplo: procedimentos, estresse, pressão temporal, complexidade da situação, treinamento, experiência, etc)
- Realiza comparação pareada entre os FADS
- Atribuir pesos e valores para cada FAD escolhido
- Hierarquizar os FADS
- Cálculo probabilidade da ocorrência de erros humanos

3. MODELO DE DESEMPENHO HUMANO

Todos os modelos de comportamento humano são discutidos em uma variedade de fontes de ciências comportamentais que lidam com a cognição (ANDERSON, 1995; MEDIN E ROSS, 1996). O modelo cognitivo e de resposta comportamental desenvolvido para a metodologia SPAR-H foram criados com base nos princípios da ciência cognitiva e é geralmente entendido como um modelo de processamento de informações e abordagens para avaliação do comportamento humano. Os fatores que constituem a base dos elementos deste modelo também vêm da literatura com base no desenvolvimento e teste de modelos de processamento de informações. A maioria dos modelos de processamento de informações inclui conceitos científicos como percepção, memória, armazenamento sensorial, memória de trabalho, estratégia de busca, memória de longo prazo, e tomada de decisão (SANDERS; MCCORMICK, 1993).

Outros modelos, tais como modelos de estímulo e resposta foram desenvolvidos para auxiliar na compreensão do comportamento humano. Na abordagem de estímulo-resposta muitas das vezes a cognição não é considerada; o comportamento reflexivo é desenvolvido ao longo do tempo em função da aprendizagem e de associações entre as ações humanas, recompensas ou punições.

O modelo SPAR-H combina elementos de estímulo-resposta e a abordagem do processamento de informações. Isto se deve ao fato que o analista em ACH precisa ser capaz de considerar os aspectos de diagnóstico e planejamento, bem como a probabilidade da capacidade dos operadores em realizar com sucesso ações freqüentes, identificadas através de procedimentos. Esta distinção entre diagnóstico (isto é, informações em processamento) e ação (ou seja, a resposta) é a base para o diagnóstico.

O método SPAR-H também reconhece o papel dos fatores do contexto de trabalho no que tange ao diagnóstico e ação. Por exemplo, durante a avaliação dos fatores de desempenho os analistas observam se as interações poderiam ser dificultadas devido às indicações errôneas, a complexidade, aspectos dependentes do tempo, os efeitos de combinações ou indisponibilidade de equipamento. Os componentes da abordagem do modelo comportamental do SPAR-H são apresentados na figura 5.

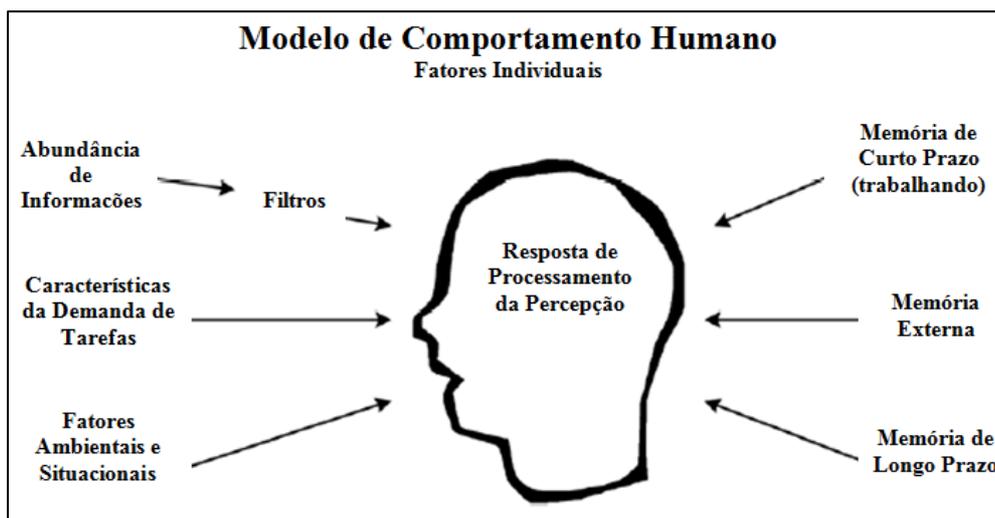


Figura 5. Modelo de comportamento humano. (Fonte: NUREG 6883, 2005)

3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO DE DESEMPENHO HUMANO

O fluxo de informação é recebido a partir do ambiente através de diferentes modalidades sensoriais: visual, auditivo e cinestésica. Os fatores ambientais podem atuar para filtrar esta informação. Talvez o exemplo mais fácil disto seja como o ruído no ambiente pode causar impactos, no sentido de mascarar a força de um alarme. Características das respostas do equipamento também podem alterar a natureza sensorial. Isto pode estar presente em fenômenos tais como uma informação não clara o suficiente, quando se utiliza determinados tipos de equipamentos de comunicação, que apresentam ruídos. Ainda existem outros filtros internos que podem afetar o processamento do operador, tais como: característica da linguagem utilizada ou jargões, experiência e expectativas.

A percepção pode ser simples e direta. Referimo-nos a isto como detecção. Um exemplo é quando um operador detecta que um alarme tenha atuado em nível baixo ou detecta que há alguma mudança ou percebe no cenário a tendência de ocorrer algum evento indesejado. Esta percepção atua como uma ponte entre a sensação física e a cognição. Os aspectos da detecção incluem a identificação e o reconhecimento, que também são influenciados pelos filtros. Outras pesquisas no campo comportamental examinaram o papel da experiência, aprendizagem, treinamento e processos perceptivos. O SPAR-H incorpora estes mecanismos através da utilização dos fatores que afetam o desempenho.

Segundo McCormick e Sanders (1993), o sistema de memória do ser humano é baseado em três processos: armazenamento sensorial, memória de curto prazo e memória de longo prazo. Estes processos trabalham em conjunto com os sistemas sensoriais auditivo e visual. O SPAR-H utiliza esses componentes de memória, mas não faz a modelagem explicitamente como parte do processo de ACH. A memória de curto prazo pode ser entendida como a capacidade do operador manter uma quantidade limitada de informações no estado mental ativo. A capacidade da memória de curto prazo pode variar dependendo se as informações podem estar fragmentadas, ou seja, agrupadas ou não agrupadas. A memória de curto prazo pode ser entendida como um processo através do qual a informação está disponível para uso pelos processos cognitivos. Assim, tanto a memória de longo prazo e a memória de curto prazo desempenham papéis importantes no modelo humano de processamento de informações.

Quando se fala no armazenamento de informações, sabemos que tal retenção pode se prolongar por um longo período de tempo (memória de longo prazo) ou perdurar apenas durante a execução de determinada tarefa (memória de curto prazo) (BEAR, 2002; HELENE E XAVIER, 2007).

A memória de longo prazo é a que retém de forma definitiva a informação, permitindo sua recuperação ou evocação. Nela estão contidos todos os nossos dados autobiográficos e todo nosso conhecimento. Sua capacidade é praticamente ilimitada (VARELLA, Dráuzio. Memória, Rio de Janeiro. Disponível em < <http://drauziovarella.com.br/corpo-humano/memoria/>>. Acesso em: 23 dez.2015.)

O SPAR-H também inclui informações externas, armazenadas na memória auxiliar, que auxiliam o operador no processo de tomada de informações. Exemplos de informações externas são os diferentes tipos de procedimentos operacionais, nos quais os passos de uma tarefa são enumerados para servir de referência para o operador. O operador não necessita de reter esta informação na memória de curto ou longo prazo. Pelo contrário, a informação (passos enumerados) está disponível para servir de referência ao operador sempre que o mesmo precisar. No SPAR-H, a memória externa é modelada como o fator de desempenho para os procedimentos (NUREG 6883, 2005).

As características da demanda das tarefas têm impacto significativo no desempenho do operador. Por exemplo, as tarefas exigem que o operador realize procedimentos administrativos, mantendo o controle de outras tarefas ou executando o monitoramento de outras funções, levando assim ao erro. Tarefas com alta exigência física também podem esgotar os recursos internos do operador, produzindo fadiga que pode resultar em uma maior probabilidade de ocorrência de erro humano.

Os fatores ambientais e situacionais são contribuintes para o sucesso ou fracasso do desempenho humano através do seu impacto sobre a percepção, processamento e resposta do operador. Altos níveis de complexidade, por exemplo, problemas que envolvem sistemas de múltiplas falhas, que apresentam mais de uma solução, que produzem interações inesperadas, que ocasionam sobrecarga cognitiva onde a percepção, o processamento e a resposta ficam comprometidos. A alta complexidade interfere com os componentes da memória de curto e longo prazo. As relações do sistema podem ser relativamente complexas e a configuração e o fluxo de acontecimentos podem não ser bem conhecidos pelo operador. O operador pode não ser capaz de reconhecer a verdadeira natureza do problema e, portanto, tem o desafio de determinar uma solução através da memória. Nestas situações, seria mais difícil de determinar o que estava ocorrendo e, conseqüentemente, tomar uma ação correta. O analista no método SPAR-H verifica a complexidade e diretamente atribui o adequado fator de desempenho humano (FDH). Níveis mais altos de complexidade são configurados para serem associados a uma maior expectativa de erro humano.

O Quadro 2 apresenta os fatores operacionais em SPAR-H que são mapeados em função das informações e do modelo comportamental, discutidos anteriormente. A revisão da literatura sobre as ciências comportamentais revela oito (08) fatores operacionais (FDH) associados com a operação de plantas industriais. Estes fatores operacionais podem estar diretamente associados ao modelo do desempenho humano. Esses fatores são:

- 1) Tempo disponível
- 2) Estresse e estressores
- 3) Complexidade
- 4) Experiência e treinamento
- 5) Procedimentos (incluindo sistemas de auxílio ao operador)

- 6) Ergonomia e interface Homem-Máquina
- 7) Aptidão para o serviço
- 8) Processos de trabalho

No Quadro 2 vários aspectos do desempenho humano e sua relação com os FDH são indicados. Por exemplo, a percepção tem uma limitação com base nos limites sensoriais humanos, é suscetível a interrupções ou interferências. A percepção ocorre como uma função da modalidade (ou seja, o modo da percepção que pode ser auditiva, visual ou cinestésica). A percepção nos operadores é muitas vezes uma função da qualidade da interface homem-máquina humana (NUREG 6883, 2005).

Fluxo e Percepção	Memória de Trabalho / Memória de Curto Prazo	Processamento e Memória de Longo Prazo	Resposta
Presença ^{6,3} (há sinal?) e oportunidade (há alguém presente para receber a informação?)	Capacidade limitada ⁵ *Processamento em série *Bom somente em curto prazo ^{2,3,5,4} (20 segundos)	Treinamento ⁴ (modelos, resolução de problemas, comportamentos) - Aprendizagem	Treinamento (ações) ⁴ *Modelos existentes de comportamentos *Prática e habilidade
Limite dos fatores sensoriais ^{2,5,7}	Quantidade certa de atenção ^{2,3,4,5,7}	Experiência ⁴ (modelos, resolução de problemas, comportamentos) - Aprendizagem	Experiência ⁴ (ações) - Prática e habilidade
Modalidade ^{6,5} (verbal, gráfica/símbolo, texto) - Onomatopaico - Icônica - Cinestésica	Ensaio ^{2,3,5,7} Saúde física e mental ⁷	Cultura ⁸ (social, organizacional, interpessoal, (equipe)) - Aprendizagem	Modelos existentes de comportamentos Controles adequados disponíveis ⁶
Interferência ^{6,5,4,7} (sinal, ruídos)		Inteligência/Habilidades cognitivas ^{3,4,1,5,7} (decisão, execução, resolução de problemas Fatores de interferência ^{6,2,3,7} (distração)	Limite das ações humanas ^{6,7} (força física e acuidade sensorial) Ergonomia de controle de complexidades ^{6,3} Degradação ambiental ^{2,3,6}

		Tempo disponível ^{1,3} Saúde física e mental ⁷	Tempo para reação versus tempo disponível ¹
--	--	---	--

Quadro 2. Fatores operacionais no SPAR-H (Fonte: NUREG 6883, 2005)

Nota 1: Os números após cada referencia na lista de FDH refere-se aos oito (08) fatores operacionais definidos.

Nota 2: Tempo disponível, na perspectiva do operador, é influenciado pela complexidade das informações na qual pode levar mais tempo para ser processada e reduzir o tempo de respostas disponível.

Os aspectos dos modelos da memória de trabalho e da memória de curto prazo são baseados em fatores, incluindo a capacidade, repetição e atenção. A capacidade de memória é fisicamente fixa, mas o treinamento pode fazer com que os operadores sejam mais eficazes quando lidam com informações fragmentadas, aumentando assim a eficiência de armazenamento da memória. A repetição refere-se à utilização da memorização, treinamento e experiência operacional, o que pode ajudar na velocidade e facilidade de recuperar a memória, mantendo a informação ativa na mesma. A atenção é dirigida e influenciada pelo estresse, tarefas, complexidade no ambiente, experiência e formação. A atenção é ainda dirigida por indicações processuais (exemplo: os passos de um procedimento).

Erros no procedimento ou inadequações na formatação do procedimento, falta de prevenção e avisos apropriados podem aumentar a probabilidade de erro humano. Falta de procedimentos e manuais também podem diretamente aumentar essa probabilidade. Os procedimentos também podem interagir com outros trabalhos de forma a garantir a qualidade e segurança do sistema.

A abordagem da metodologia SPAR-H reconhece o papel da carga de trabalho em influenciar o desempenho de forma quantitativa através da aplicação dos seguintes fatores de desempenho humano (FDH): complexidade e estresse. De um modo geral, os efeitos da carga de trabalho físico: executar várias tarefas ao mesmo tempo, completar tarefas mais rapidamente, mover objetos promovendo o levantamento de peso, são considerados no FDH: estresse e estressores; os efeitos da carga de trabalho cognitivo, como ter que realizar cálculos

adicionais, consulta a múltiplas fontes de informação para verificar as leituras, coordenar ações com base em períodos de espera, são considerados no FDH: complexidade.

O modelo de processamento básico do SPAR-H pode ser utilizado para ajudar a conceitualização dos aspectos chaves do modelo de processamento de informações, que refletem os princípios psicológicos. O objetivo inicial deste modelo é explicar e integrar os principais fatores de desempenho humano quando da realização da análise através do método SPAR-H (NUREG 6883, 2005).

3.2 TIPOS DE TAREFAS

Em 1994, a metodologia ASP HRA dividiu as tarefas desenvolvidas em dois componentes, o 1ª denominado: componente de processamento e o 2ª denominado: componente de resposta. Os comentários recebidos por aqueles que tentaram implementar o método indicaram que esta denominação “processamento e resposta” estava bem entendida pelos profissionais de ACH e Fatores Humanos, que trabalhavam com o método. Porém, treinar os operadores e inspetores que estavam colaborando na implementação do método, tornou-se difícil.

Em 1999, estes componentes foram renomeados no método SPAR-H com a denominação: diagnóstico e ação. Os comentários recebidos sugeriram que esta separação dos tipos de tarefa seria mais fácil de ser compreendida. Isto representa uma distinção entre as tarefas em um nível superior (um nível mais apurado), distinção que é utilizada freqüentemente na ACH (algumas outras aplicações também classificam ações como: pré-iniciadoras – antes do evento, iniciadoras relacionadas – iniciadora do evento e pós-iniciadora – pós-evento).

Dentro dos comentários e das descrições de tarefas nas planilhas do SPAR-H, o método permite que os analistas usem descrições mais completas para as tarefas realizadas. No entanto, a quantificação baseia-se na atribuição dada aos dois tipos de tarefas: diagnóstico ou ação. De certa forma, esta tipificação das tarefas é simples se comparada ao THERP, ao modo de como ele trata às tarefas inseridas no processo de quantificação. Ao usar essa tipificação, as atividades como planejamento, comunicação entre os membros da equipe ou

alocação de recursos durante a progressão dos eventos são consideradas diagnóstico. Ao utilizar o SPAR-H, a equipe de analistas toma decisões relativas à definição de uma determinada atividade: pré ou pós-iniciadora, para qualquer tarefa de diagnóstico ou ação. (NUREG 6883, 2005).

3.2.1 Orientação para diagnóstico (NUREG 6883, 2005)

A orientação para o diagnóstico tem a ver com a identificação das causas mais prováveis de um evento anormal, verificando os sistemas ou componentes cujo *status* pode ser mudado para reduzir ou eliminar o problema. Inclui a interpretação e (quando necessário) a tomada de decisão. Tarefas de diagnóstico normalmente necessitam do conhecimento e da experiência para o entendimento das condições existentes, para o planejamento e priorização das atividades, para então, ser possível determinar o curso das ações adequadas.

Ao responder à pergunta: Será que essa tarefa contém uma quantidade significativa de atividades de diagnóstico? Deve-se considerar se o operador ou a equipe tem de gastar energia mental para observar e interpretar as informações que estão presentes (ou não presentes), determinar o que está acontecendo (o significado do cenário), pensar nas possíveis causas e decidir o que fazer. Quanto maior a quantidade de observações, interpretações, pensamentos e decisões que o operador ou a equipe executar, resultará em uma significativa quantidade de atividades de diagnóstico (NUREG 6883, 2005).

3.2.2 Orientação para ação (NUREG 6883, 2005)

A orientação para a ação tem a ver com a realização de uma ou mais atividades (por exemplo, etapas ou tarefas) indicado pelo diagnóstico, regras de funcionamento, ou por procedimentos escritos. Exemplos de tarefas de ação incluem equipamentos operacionais, comissionamento de bombas, realização de testes de calibração, etc.

Ao realizar a ACH é, por vezes, prático e razoável modelar as tarefas ou sub-tarefas de um evento no nível básico, ou seja, com base nos aspectos de diagnóstico e de ação. Ambas as tarefas, diagnóstico e ação, são quantificadas como parte do processo de determinação da PEH no SPAR-H.

Em certo número de situações, possivelmente haverá uma dependência entre o diagnóstico e ação, gerando um simples evento básico. No SPAR-H, a intradependência dentro de um único evento básico formado de diagnóstico e ação é reconhecida quando combinamos diagnóstico e ação para produzir uma PEH composta ou conjunta, isto é, produzir o valor do evento básico (NUREG 6883, 2005).

3.3 TIPO DE ERRO HUMANO

De um modo semelhante ao correspondente FDDH avaliado como parte do processo de desenvolvimento do método SPAR-H, os tipos de erro de outros métodos, metodologia e técnicas de HRA foram comparados com outros tipos de erros do método ASP HRA. Esta comparação foi consideravelmente mais fácil de ser realizada do que a desenvolvida em relação aos fatores delimitadores de desempenho humano (FDH). Versões do método ASP HRA tentaram diferenciar os erros de omissão dos erros de comissão. A experiência demonstrou que esta diferenciação não foi útil em fazer previsões de erro mais precisas.

Portanto, a base das taxas de falhas para diagnóstico e ação, o método SPAR-H usa uma taxa composta por omissões e comissões. Desde a primeira versão do método de ASP HRA, a discussão de omissão e comissão dentro da comunidade em ACH tem se movido lentamente em direção a termos como deslizes, lapsos e enganos (erros). Isto, em parte, é devido às evidências intuitivas de que há uma diferença importante entre deslizes e erros, os dois erros freqüentemente discutidos como comissão.

O primeiro, erro de comissão é propriamente um deslize (ou seja, a intenção é correta, mas a execução é errada); o segundo é chamado um engano (ou seja, ter um entendimento errado do que deve ser feito, juntamente com uma decisão ou ação imprópria). A avaliação do contexto vai ajudar o analista a determinar se os deslizes ou erros são mais propensos e se estes erros são susceptíveis de ter uma causa comum. A maioria da abordagem da 2ª geração da ACH enfatiza que o contexto, isto é, as combinações das FDH, as condições da planta e os fatores situacionais, funcionam em conjunto como um dos principais determinantes dos erros. A ênfase nos FDH na metodologia SPAR-H pretende refletir o progresso e direção da ACH contemporânea.

Assim, como é igualmente importante, a partir de uma perspectiva de seleção (identificação), sermos capaz de lidar com os FDH que são assumidos como contribuidores ao contexto, também é importante a distinção entre um deslize, lapso ou um erro. A partir de uma perspectiva metodológica, é importante enfatizar que a equipe de análise da ACH, precisa de uma abordagem para identificar sistematicamente esses erros que podem resultar em atos inseguros, avaliar a influência dos principais FDH e estimar as suas probabilidades de ocorrência.

A abordagem usada no SPAR-H abrange também outros erros de taxonomia. Por exemplo: o não uso das informações disponíveis; o uso incorreto de informações, conforme descrito por Hacker (1986), tais erros devem ser cobertos pelas taxas de falhas nominais. A presença de informações tecnicamente imprecisas é também coberta e indicada para efetuar o ajuste das interações humanas no sistema (ou seja, ergonomia/FDH da Interface Homem Máquina). Durante a fase de identificação de erros no processo de ACH, erros não rotineiros, erros de comissão significativos que representam erros do operador ou da equipe devem ser considerados pelo analista na modelagem explícita e quantificação (NUREG 6883, 2005).

3.4 FATORES DE DESEMPENHO HUMANO

Muitos, se não a maioria, dos métodos de ACH usam as informações dos FDH para estimar as probabilidades de erro humano (PEH). Em geral, a análise dos FDH aumenta o grau de realismo presente na análise de ACH. A extensão e resolução da análise dos FDH devem ser sempre suficientemente específicas para identificar as influências potenciais e suas correspondentes taxas nas planilhas do SPAR-H. Historicamente, a primeira utilização dos FDH em ACH para modificar as taxas de falhas básicas está documentada no THERP. As gerações atuais de métodos, metodologias e técnicas de ACH frequentemente referenciam a 2ª geração de ACH, que também usam as informações dos FDH para calcular as PEH. Quando se atribui os níveis de FDH, os analistas avaliam os mesmos na perspectiva da realidade do operador. Então, os analistas avaliam a complexidade do diagnóstico ou da ação requerida para um cenário ou gama de cenários pela perspectiva dos operadores, oposta à visão de complexidade dos analistas como um todo.

Em 1999, mudanças foram também introduzidas para garantir uma maior abrangência do método SPAR-H. Mudanças nos tipos de erro e PSF foram feitas, foram criadas novas listas para os tipos de erro e FDH. Foram identificados oito fatores de desempenho humano (FDH): tempo disponível, estresse e fatores estressores, a complexidade, a experiência e treinamento, procedimentos, ergonomia e interface homem/ máquina, aptidão para o serviço e processo de trabalho.

O modelo básico de processamento da informação humana e sua relação com os FDH é apresentado anteriormente. O segundo componente principal no método SPAR-H é a relação dos FDH com os HEP. O terceiro componente, na abordagem do método SPAR-H é a análise de incertezas, não tratada neste trabalho.

Diferentemente da maioria dos outros métodos de ACH, o método SPAR-H reconhece que o FDH pode ter um efeito positivo ou negativo no desempenho. Por exemplo, o treinamento pode influenciar o desempenho tanto positivamente (quando o treinamento enfatiza as respostas apropriadas) e negativamente (quando o treinamento é dubio ou não ocorre). Em outros métodos de ACH, os efeitos positivos sobre os FDH são normalmente limitados à influência do tempo na confiabilidade do desempenho da tarefa.

O método SPAR-H, no seu desenvolvimento, assume que a maioria dos FDH tem efeitos positivos que devem ser contabilizados na estimativa da PEH. O método SPAR-H também assume que esses efeitos positivos podem muitas vezes ser um reflexo em função dos efeitos negativos no desempenho do FDH (ou seja, se os efeitos negativos de um FDH diminuem, conseqüentemente, os efeitos positivos aumentam). Como mostrado na Figura 6, a probabilidade de erro aumenta quando a influência negativa do FDH cresce. Por outro lado, as probabilidades de erro diminuem à medida que a influência positiva do FDH cresce até que um limite menor for atingido. Note-se que o FDH tem um efeito significativo na previsão do desempenho da confiabilidade, conforme a Figura 6 (NUREG 6883, 2005).

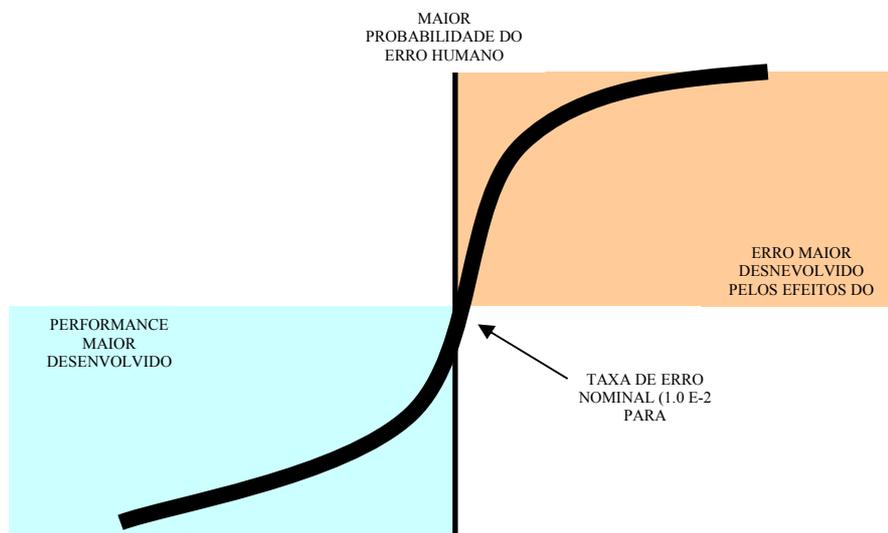


Figura 6. PEH como função de influência dos FDH (Fonte: NUREG 6883, 2005)

3.5 DEFINIÇÕES DOS FATORES DE DESEMPENHO HUMANO APLICADOS NO MÉTODO SPAR-H

A seguir apresentamos as principais definições dos fatores de desempenho humano no método SPAR-H (NUREG 6883, 2005).

3.5.1 Tempo Disponível (NUREG 6883, 2005)

O tempo disponível refere-se à quantidade de tempo que um operador ou uma equipe tem para diagnosticar e agir adequadamente em um evento anormal. A falta de tempo pode afetar a capacidade do operador de pensar claramente e considerar alternativas, também pode afetar a capacidade do operador de executar determinada atividade ou tarefa (NUREG 6883, 2005).

Tempo inadequado - Se o operador não pode diagnosticar o problema dentro da janela de tempo disponível, não importa o que o operador faça, a falha em controlar o evento é certa.

Tempo mal adequado - 2/3 do tempo médio necessário para diagnosticar o problema, está disponível.

Tempo nominal - na média, há tempo suficiente para diagnosticar o problema.

Tempo extra - tempo disponível é uma a duas vezes maior do que o tempo nominal necessário, é também maior que 30 minutos.

Tempo expansivo - tempo disponível é maior que duas vezes o tempo nominal exigido, é também maior do que o mínimo requerido de 30 minutos; há uma enorme janela de tempo (um dia ou mais) para diagnosticar o problema.

Informações insuficientes - usar este item, se você não tem informações suficientes para escolher entre as outras alternativas.

3.5.2 Estresse / Estressores (NUREG 6883, 2005)

Estresse tem sido amplamente definido e usado para descrever as forças motivadoras tanto negativas quanto positivas do desempenho humano. O estresse utilizado no SPAR-H refere-se às condições e circunstâncias indesejáveis que podem impedir o operador de concluir facilmente uma tarefa. O estresse pode incluir o estresse mental, carga de trabalho excessiva ou estresse físico (exemplo: o estresse instituído por difíceis fatores ambientais não adequados).

Inclui aspectos como: campo de atenção limitado ou tensão muscular, pode incluir a apreensão geral ou nervosismo associado com a importância do evento. Os fatores ambientais muitas vezes são classificados como estressores: calor excessivo, ruído, má ventilação, radiação, podem induzir o estresse em um operador e afetar o desempenho do mesmo, fisicamente ou mentalmente. É importante notar que o efeito do estresse sobre o desempenho é uma curva, onde pequena quantidade de estresse pode melhorar o desempenho e devem ser considerados estresses nominais, enquanto níveis altos e extremos de estresse afetam negativamente o desempenho humano.

A atribuição do nível de estresse específico envolverá uma avaliação com base nos conhecimentos sobre: operação, fatores humanos e o nível de estresse esperado para um determinado cenário ou contexto.

Extremo - um nível de estresse destrutivo, que deteriora drasticamente o desempenho da maioria das pessoas. A probabilidade de ocorrer este tipo de estresse ocorre quando o estressor aparece subitamente e a situação persiste por longos períodos. Este nível de estresse também está associado com o sentimento de ameaça ao próprio bem-estar físico da pessoa ou

ameaça autoestima ou o status profissional da pessoa. Exemplo: falhas catastróficas podem resultar em estresse extremo para o pessoal de operação, por causa do potencial de liberação de substâncias radioativas nas usinas nucleares.

Alto - um nível de estresse mais elevado do que o valor nominal. Exemplo: vários instrumentos e anunciadores alarmam inesperadamente e ao mesmo tempo; impactos ruidosos, impactos com ruído contínuo que interferem na atenção que deve ser dedicada a tarefa; a realização da tarefa pode gerar consequências que representam uma ameaça à segurança de uma planta industrial.

Nominal - o nível de estresse que é propício para um bom desempenho.

Informações insuficientes - usar este item, se você não tem informações suficientes para escolher entre alternativas.

3.5.3 Complexidade (NUREG 6883, 2005)

A complexidade refere-se a dificuldade em realizar a tarefa dentro de um determinado contexto. A complexidade considera tanto a tarefa como o ambiente em que a tarefa é executada. Quanto mais difícil a tarefa a ser realizada maior será a oportunidade de acontecer um erro humano. Da mesma forma, quanto mais ambígua é a tarefa, maior é a chance de acontecer um erro humano. A complexidade também considera o esforço mental necessário, tais como: a realização de cálculos mentais; os requisitos de memória; a compreensão do modelo de funcionamento de um determinado sistema: a necessidade de ter que agir baseado no conhecimento ao invés do treinamento e da formação. A complexidade também pode se referir aos esforços físicos necessários, tais como ações físicas que são difíceis, devido aos padrões complicados de movimentação.

A Figura 7 ilustra os fatores típicos que contribuem para a ocorrência da complexidade. A identificação destes fatores de complexidade pode ser encontrada em Braarud (1998), EPRI TR- 100,259 (1992), Gertman e Blackman (1994), e NUREG-1624 (2000).

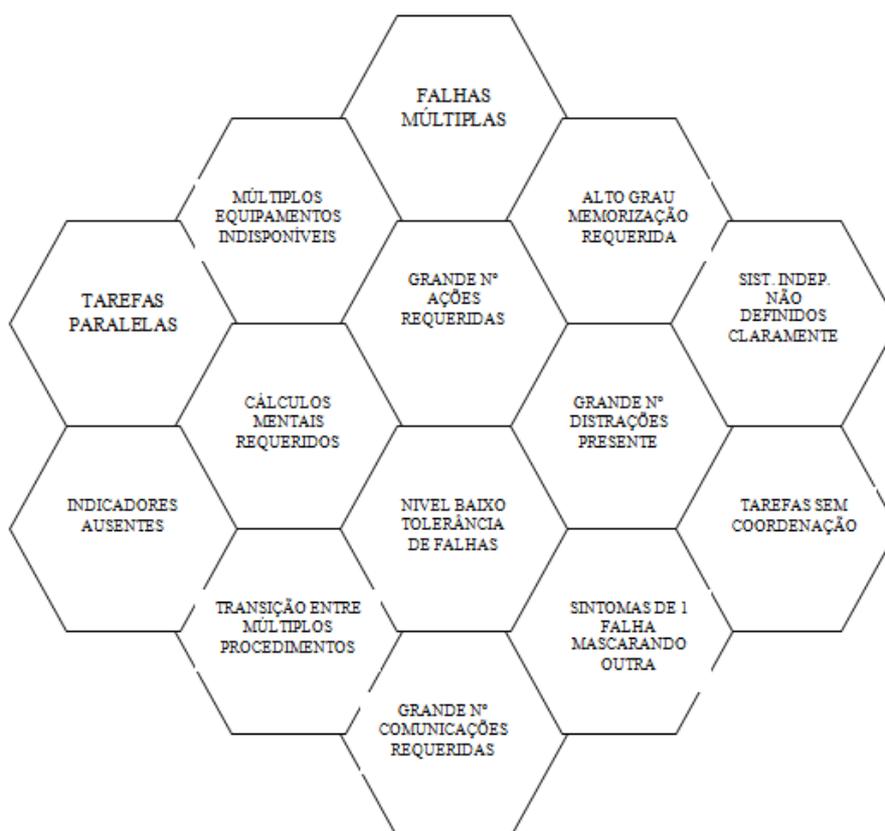


Figura 7. Fatores que contribuem para a complexidade (Fonte: NUREG 6883, 2005)

O analista no método SPAR-H pode se referir a esses fatores ao avaliar o FDH complexidade. Reconhece-se que um único fator de complexidade pode resultar em diferentes níveis de influência na interação humano-sistema. Exemplo: os cálculos mentais exigidos pelo evento inicialmente estão dentro da normalidade, mas em determinados momentos podem revelar-se esmagadores. O mesmo é verdadeiro para combinações de fatores (combinações simples até combinações numerosas e complexas). Devido à necessidade de atribuir um nível de complexidade específico associado a uma PEH, é deixado ao analista a avaliação deste nível. Em geral, uma tarefa com maior complexidade exige maior habilidade e compreensão para obtenção do êxito completo.

Complexidade alta – Muita dificuldade em desenvolver a tarefa. Há muitas ambiguidades que precisam ser diagnosticadas ou executadas. Muitas variáveis estão envolvidas com o diagnóstico ou com as ações concorrentes (paralelas). Exemplo: uma tarefa de manutenção desconhecida que requer alta habilidade.

Complexidade moderada – Pouca dificuldade em desenvolver a tarefa. Há algumas ambiguidades que precisam ser diagnosticadas ou executadas. Algumas variáveis estão envolvidas, talvez com o diagnóstico ou com as ações concorrentes. Exemplo: uma tarefa de manutenção desenvolvida periodicamente com vários passos.

Nominal – Não há dificuldade em desenvolver a tarefa. Há pouca ambigüidade. A tarefa é simples ou poucas variáveis estão envolvidas.

Diagnóstico Óbvio – Diagnóstico muito simplificado. O problema é tão óbvio que é difícil um operador ser enganado. A mais comum e usual razão para isto, seria a validação e/ou convergência das informações que se tornam disponíveis ao operador. Cada informação pode incluir indicadores automáticos ou informações sensoriais, tais como cheiro, sons e vibrações.

Informações insuficientes – usar este item, se você não tem informações suficientes para escolher entre as alternativas acima.

3.5.4 Experiência / Treinamento (NUREG 6883, 2005)

Este FDH se refere à experiência e a formação dos operadores envolvidos na tarefa. Incluso nesta consideração estão os anos de experiência do indivíduo ou grupo. Se o operador ou grupo tem sido treinado nos diversos tipos de acidentes, a quantidade de tempo passado desde o último treinamento, o treinamento nos sistemas envolvidos com as tarefas e treinamento dos cenários. Outra consideração quanto aos cenários: se o cenário é novo ou não: isto é, se a equipe já treinou um cenário semelhante (ou não) e se a equipe já treinou a configuração operacional de tais cenários.

Baixa Experiência – Menor do que 6 meses de experiência e/ou treinamento. Este nível de experiência/formação não fornece o nível de conhecimento e a compreensão necessários para desempenhar adequadamente as tarefas; não fornece prática adequada na execução das tarefas; os operadores ainda não foram expostos às condições anormais.

Nominal - Mais de 6 meses de experiência e/ou treinamento. Este nível de experiência/formação fornece uma quantidade adequada de conhecimento formal e instrução para garantir que os operadores são proficientes nas operações do dia-a-dia e que foram expostos às condições anormais.

Alta Experiência - Vasta experiência com demonstração de domínio dos cenários. Este nível de experiência/formação fornece aos operadores um amplo conhecimento e uma ampla prática na gama de cenários possíveis. Boa formação torna os operadores bem preparados para as situações possíveis.

Informações insuficientes – Usar este item, se você não tem informações suficientes para escolher entre as alternativas acima.

3.5.5 Procedimentos (NUREG 6883, 2005)

Este FDH refere-se à existência e utilização dos procedimentos operacionais formais na execução das tarefas. Os problemas mais comuns observados em investigações de eventos incluem situações onde os procedimentos dão informações erradas ou insuficientes sobre um determinado controle ou ação a ser desenvolvida. Há situações em que transições múltiplas entre os procedimentos existentes são requeridas para apoiar uma tarefa ou grupo de tarefas (o SPAR-H sugere que neste caso o analista ajuste o FDH complexidade). Se os procedimentos são problemáticos, isto é, inadequados, então, o analista de ACH deve avaliar os procedimentos e determinar se eles devem ser atribuídos como inadequados ou pobres de informações.

Não disponível – O procedimento necessário para uma tarefa em particular ou para de tarefas relativas a um evento não está disponível.

Incompleto – Informações necessárias não estão contidas no procedimento; seções ou instruções ligadas às tarefas, estão ausentes.

Disponível, mas pobre – O procedimento está disponível, mas é difícil de ser utilizado, porque há problemas na elaboração do mesmo, há ambigüidades, perda de consistência na redação, fatores que impedem sua utilização.

Nominal – Procedimentos estão disponíveis e são melhorados.

Diagnóstico orientado pelos sintomas – O procedimento apresenta ao operador ou equipe uma correta diagnose do evento. Os procedimentos orientados pelos sintomas fornecem os meios para manter as funções críticas de segurança. Estes procedimentos permitem que o operador mantenha a planta em condições de segurança, sem a necessidade de o operador diagnosticar exatamente o evento.

Informações insuficientes – Usar este item, se você não tem informações suficientes para escolher entre as alternativas acima.

3.5.6 Ergonomia / Interação Homem-Máquina (NUREG 6883, 2005)

A Ergonomia refere-se aos equipamentos, monitoração, controles, layout e a qualidade e quantidade de informações disponíveis a partir da instrumentação, bem como, a interação com o operador e/ou grupo que se utiliza dos equipamentos, controles para realizar as tarefas. Aspectos de interação homem-máquina (IHM) estão incluídos nesta categoria. A adequação ou inadequação de uma determinada interface está também incluída neste FDH.

Pobre – O design da planta impacta negativamente no desempenho das tarefas. Exemplo: etiqueta sem informações necessárias, a instrumentação necessária não pode ser vista da estação de trabalho, interface pobre entre os computadores utilizados na estação de trabalho.

Nominal – O design da planta auxilia corretamente o desempenho, mas não procura se desenvolver ou facilitar as tarefas rotineiras que deveriam ser tipicamente executadas com facilidade. Exemplo: a interface com o computador é adequada e entendível, embora não seja fácil de utilizar.

Boa - O design da planta impacta positivamente no desempenho das tarefas, provendo as informações necessárias bem como a capacidade de realizar as tarefas, de tal forma que diminuem as oportunidades de ocorrer um erro humano. Exemplo: interface de computadores de fácil visualização, uso e entendimento.

Informações insuficientes – Usar este item, se você não tem informações suficientes para escolher entre as alternativas acima.

3.5.7 Aptidão para o serviço (NUREG 6883, 2005)

A aptidão para o serviço refere-se à possibilidade ou não do indivíduo executar a tarefa fisicamente e mentalmente em um determinado momento e de forma apropriada. Fatores que podem afetar a aptidão incluem: fadiga, doença, uso de drogas (lícitas e ilícitas), excesso de confiança, problemas pessoais e distrações. A aptidão para o serviço inclui os fatores associados com os indivíduos, mas não relacionados quanto à formação, experiência ou estresse.

Impróprio – O indivíduo é incapaz de realizar as tarefas requeridas, por motivos de: doenças, condição física ou incapacidade mental. Exemplo: indivíduo que teve um acidente vascular cerebral e se encontra incapacitado de dirigir.

Aptidão degradada - o indivíduo é capaz de realizar as tarefas, embora o desempenho seja negativamente afetado. O desempenho físico e mental pode ser afetado se o indivíduo está doente (exemplo: o indivíduo está com febre). Os indivíduos também podem apresentar desempenho degradado se tiverem excesso de confiança em suas habilidades para executar as tarefas. Outros exemplos de aptidão degradada incluem cansaço devido longas horas de serviço, distração com as más notícias pessoais (exemplo: a notícia de um diagnóstico de doença terminal de um parente).

Nominal – O indivíduo é apto para realizar as tarefas, não são observados desempenho degradados.

Informações insuficientes – Usar este item, se você não tem informações suficientes para escolher entre as alternativas acima.

3.5.8 Processos de trabalho (NUREG 6883, 2005)

Os processos de trabalho referem-se a aspectos de como realizar o trabalho, incluindo a cultura de segurança, planejamento do trabalho, comunicação, gestão e políticas da empresa. O modo pelo qual o trabalho é planejado, comunicado e executado pode afetar o desempenho do indivíduo ou do grupo. Se o planejamento e a comunicação são insuficientes, os indivíduos podem não compreender plenamente as exigências do trabalho. Os processos de trabalho incluem considerações sobre: coordenação, comando e controle. Os processos de trabalho também incluem qualquer tipo de gestão, de organização, ou de fatores de supervisão, que podem afetar o desempenho.

Condições com efeitos adversos à qualidade são também incluídas na categoria de processos de trabalho, pois são problemas que podem estar associados com o ambiente de trabalho e a segurança do mesmo.

Adicionalmente, alguma evidência obtida durante a revisão de um procedimento no qual haja uma indicação de conflito entre os grupos de trabalho (exemplo: entre os setores de projetos e operações) é avaliado pelo SPAR-H como um problema ligado ao processo de trabalho.

Problemas entre operadores e gestores também podem ser considerados como problemas ligados ao processo de trabalho. O SPAR-H reconhece que um potencial problema entre operador e gestor pode afetar o desempenho. É assumido que os problemas de comunicação ou aderência às ações que devem ser executadas ou aos avisos são indicativos de problemas ligados ao processo de trabalho.

Pobre – O desempenho é negativamente afetado devido aos processos de trabalho. Exemplo: o desempenho esperado não é claramente definido.

Nominal - O desempenho não é afetado significativamente pelos processos de trabalho na planta ou os processos de trabalho não parecem desempenhar papel importante. Exemplo: as informações estão disponíveis, mas não são comunicadas de forma adequada através de murais, quadros de avisos, procedimentos.

Boa – Processos de trabalhos empregados na planta buscam melhorar o desempenho.
Há sucessos nos resultados apresentados pela planta.

Informações insuficientes – Usar este item, se você não tem informações suficientes para escolher entre as alternativas acima.

4. METODOLOGIA

Neste capítulo serão descritos os aspectos referentes à metodologia adotada na realização da presente pesquisa. Serão fornecidas informações relacionadas com o tipo de pesquisa, seleção da amostra e definição do método de ACH escolhido.

4.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

Segundo Lehfeld (1991), a pesquisa científica é um processo de investigação que pode ser definido como sendo o procedimento sistemático e intensivo, que tem por objetivo descobrir e interpretar os fatos que estão inseridos em uma determinada realidade. Considerando o objetivo da pesquisa de gerar conhecimento, de modo a solucionar um determinado problema, esta pesquisa pode ser qualificada como aplicada e descritiva. O trabalho é estruturado sob a forma de estudo de caso, investigando uma empresa específica, objetivando obter conhecimento detalhado e visão geral do problema. Em relação à natureza da pesquisa, buscou-se obter conhecimentos de uso prático, que pudessem responder questões relacionadas com a análise de fatores que podem afetar o desempenho dos trabalhadores e a segurança de uma planta industrial.

4.2 PERFIL DA AMOSTRA CONSIDERADA

A coleta de dados para a pesquisa foi estruturada em duas fases: inicialmente foram levantados dados de fontes primárias, através das observações diretas e avaliações e, posteriormente foram obtidos dados de fontes secundárias, utilizando-se livros, revistas, monografias, dissertações e teses, além de artigos publicados em revistas técnicas especializadas.

A amostra considerada analisa uma situação real em uma usina de asfalto que utiliza a instalação de gás LP para:

- Reduzir os custos de manutenção;
- Atender ao comprometimento da usina com o meio ambiente por ser o gás LP uma solução limpa e, também, apresentar maior eficiência e produtividade no processo de secagem de agregado e aquecimento do CAP.

Esta dissertação foi desenvolvida com base numa planta industrial da usina de asfalto localizada no Estado do Rio de Janeiro, com uma área de aproximadamente 5.600 m². A dissertação analisa uma situação real (estudo de caso), onde a pesquisa de campo e coleta de dados foram realizadas para aplicar o método SPAR-H na identificação dos fatores sócio-técnicos, que podem afetar o desempenho dos trabalhadores durante a instalação de gás LP em uma usina de asfalto.

4.3. DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE CONFIABILIDADE HUMANA

Foi definido que o método de ACH adequado ao momento do estudo desta dissertação é o SPAR-H (Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis). Este método possibilita quantificar a probabilidade de ocorrência de erro humano utilizando níveis de dependência associados, que indica os multiplicadores de probabilidade de erro humano. O método utilizado propõe uma análise baseada na observação, permitindo interpretações e avaliações extraídas do estudo de caso. O método é aplicado na avaliação das tarefas executadas na instalação de gás LP em uma usina de asfalto, considerando os fatores de desempenho humano (FDDH), em função dos erros de diagnose e execução. Através do uso do método SPAR-H foi possível identificar e considerar na análise pretendida, os seguintes fatores de desempenho humano: tempo disponível, estresse e estressores, complexidade, experiência e treinamento, procedimentos, ergonomia interface homem-máquina, aptidão para o serviço e processos de trabalho. Importante considerar que na planta industrial em questão nunca foi aplicado nenhum método de ACH. Futuramente, com a evolução das pesquisas e seus conseqüentes desdobramentos, será possível aplicar outras metodologias de ACH de segunda geração a trabalhos como este.

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A estrutura metodológica utilizada nesta pesquisa é constituída das seguintes etapas:

- Etapa 1: Identificação e Descrição do Local de Estudo
- Etapa 2: Descrição Do Projeto De Instalação Para Utilização Do Gás LP
- Etapa 3: Identificação do Grupo de Trabalhadores
- Etapa 4: Uso do Método de Análise Confiabilidade Humana SPAR-H
- Etapa 5: Análise dos Resultados

5.1 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A instalação industrial para a utilização do gás LP na usina de asfalto foi realizada pela empresa TUBE (nome fictício por questões de confidencialidade), localizada no Estado do Rio de Janeiro.

A empresa possui atualmente 63 colaboradores. No Quadro 3 é apresentado os dados da empresa:

Descrição	TUBE Instalações Ltda.
Localização:	Zona norte do Rio de Janeiro.
Ramo de atividade:	Montagem, instalação, manutenção e reparo de centrais e rede para a distribuição de gases e fluidos diversos, compra e venda de aparelhos e equipamentos para afins.
Total de funcionários:	63
Área construída:	317,40 m ²
Setores da empresa:	Administrativo, Almoxarifado, Galpão e Oficina.

Quadro 3. Dados gerais da empresa TUBE (Fonte: Autor)

Na Figura 8 é apresentado o organograma esquemático da empresa:

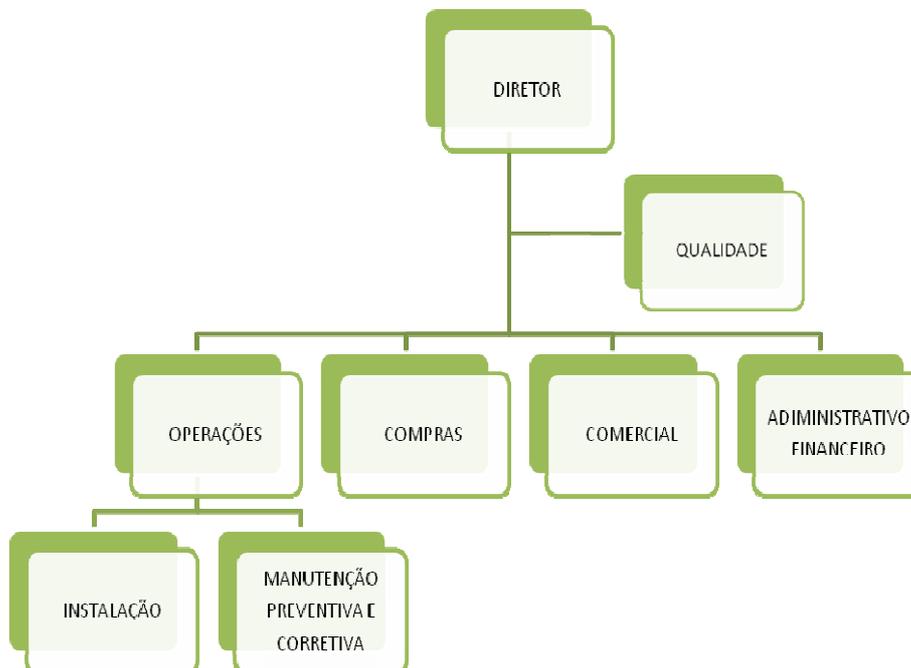


Figura 8. Organograma da empresa (Fonte: TUBE)

A usina de asfalto utilizada como referência de estudo possui aproximadamente uma área de 5.600 m², onde se encontra localizada em planta industrial.

O objetivo desta usina de asfalto é a produção de concreto asfáltico a quente para pavimentação de rodovias, de ruas e de aeroportos, conforme normas do DNIT (Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes).

Na Figura 9 é apresentada a distribuição física na usina de asfalto utilizada como referência nesta dissertação, onde as etapas do processo operativo são mostradas como o setor administrativo, armazenamento de matéria-prima, armazenamento de CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo), casa de máquinas, usina (unidade de processamento), estocagem de produtos e a central de gás LP (Liquefeito de Petróleo).

O foco de estudo desta dissertação será na central de gás LP.

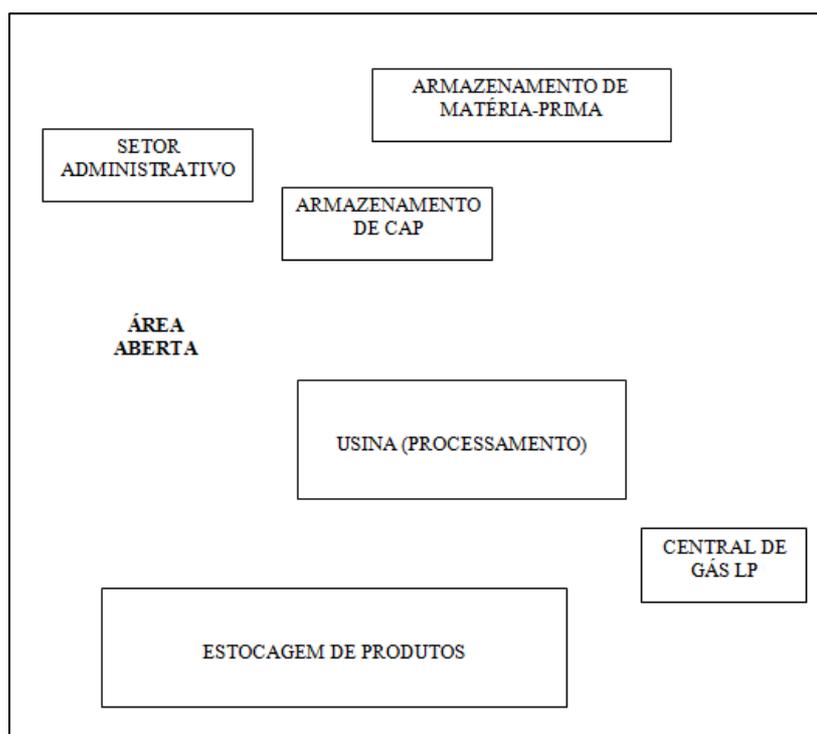


Figura 9. Distribuição física na usina de asfalto (Fonte: Autor)

- Setor Administrativo: São realizados os controles de entrada e saída de materiais, planejamento da reposição de matéria-prima em função da demanda de processo da usina com objetivo em manter o nível de estoque em quantidade adequada, recebimento de materiais para o correto armazenamento, emissão e controle de documentos operacionais.

- Armazenamento de Matéria-Prima: Nesta área as matérias-primas essenciais para a formação do asfalto são armazenadas, como o pó de pedra, brita de diferentes granulometrias, cal, cinza volantes e outros. Estes materiais devem ser estocados e manuseados de forma a não ocorrer contaminações e, também, reduzir qualquer probabilidade de deterioração. Esta área é mantida limpa para evitar qualquer tipo de contaminação.

- Armazenamento de CAP: Nesta área é feita a estocagem do CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo), onde este elemento é armazenado em quantidades apropriadas em função da demanda de processo da usina. O CAP é mantido na fase líquida para facilitar o deslocamento nas tubulações de processo da usina durante o processamento.

- Usina (Unidade de Processamento): É uma inter-relação entre maquinários eletrônicos, mecânicos e elétricos com a finalidade de produzir a massa asfáltica. A usina é composta de dosador de agregados, correia dosadora, câmaras de aspiração e de combustão, queimador, compressor, misturador e outros.

- Central de gás LP (Liquefeito de Petróleo): É disponibilizada na usina uma central de gás com tanques de armazenamento, válvulas de controle, carreta estacionária, bomba de transferência, vaporizador e outros para fornecer gás ao queimador da usina para a produção da massa asfáltica. A quantidade de gás é monitorada pelos operadores da usina visto que é necessário haver uma temperatura adequada no processo de mistura das matérias-primas.

- Estocagem de Produtos: Nesta área há silos de estocagem dentre os quais é feito constantemente o controle da produção da massa asfáltica. Ocorre nesta área a pesagem do produto final gerado para ser transportado em caminhões.

Os termos “GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO”, “GÁS ENGARRAFADO” ou simplesmente gás “LP” são usados para identificar a mistura propano-butano. Essa mistura é armazenada na forma líquida e se vaporiza (transforma em gás) quando é liberado do recipiente que o contém. O gás LP é um gás inflamável e explosivo quando se encontra numa determinada proporção com o ar ou o oxigênio. Os gases liquefeitos de petróleo são compostos orgânicos chamados de hidrocarbonetos, constituídos de carbono e hidrogênio. São obtidos a partir do petróleo através de separação nas refinarias obtendo-se a gasolina, o óleo diesel, o propano, o butano, óleos combustíveis, etc.

O combustível adotado pela usina de asfalto em referência foi o gás LP por questões ambientais. A vantagem em utilizar o gás LP em substituição ao óleo BPF (Baixo Ponto de Fluidez) está muito aquém de competitividade, onde o ponto principal é justamente na imagem da empresa em preservar e não poluir o meio ambiente, ou seja, atuar na sustentabilidade. O impacto gerado pelos benefícios em utilizar o gás LP atua diretamente na redução de custo da usina, bem como na preservação do meio ambiente devido à redução na emissão de gases poluentes para a atmosfera.

O gás LP é uma escolha de grande valor na secagem de agregados e aquecimento de CAP em uma usina de asfalto por ser uma energia limpa, eficiente e econômica. O desenvolvimento de sistemas e equipamentos com soluções de combustão foram primordiais para que o gás LP fosse utilizado de forma econômica.

5.2. DESCRIÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DO GÁS LP

O projeto de instalação para o gás LP (Liquefeito de Petróleo) foi desenvolvido conforme disposições técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

As normas explicitadas abaixo foram adotadas para fins de projeto e instalação de centrais e rede de distribuição:

- ABNT NBR 13523: Estabelece os requisitos mínimos exigíveis para projeto, montagem, alteração, localização e segurança das centrais de gás liquefeito de petróleo com capacidade de armazenagem total máxima de 1.500 m³ para instalações comerciais, residenciais, industriais e de abastecimento de empilhadeiras.

- ABNT NBR 15358: Estabelece os requisitos mínimos exigíveis para o projeto e a execução de redes de distribuição interna para gases combustíveis em aplicações industriais, cuja pressão de operação não exceda 400 kPa (4 kgf/cm²), aplicando esta norma ao gás liquefeito de petróleo.

- ABNT NBR 14024: Estabelece os requisitos mínimos exigíveis para o abastecimento de recipientes estacionários ou transportáveis nas instalações das centrais de gás liquefeito de petróleo (GLP) dos consumidores, a partir de veículo abastecedor específico situado em locais públicos ou não.

- NR13 (Caldeiras e Vasos de Pressão) do MTE: Estabelece as diretrizes para a gestão da segurança e saúde dos trabalhadores contra os riscos de acidentes de trabalho relacionados ao trabalho com caldeiras e vasos de pressão.

- NR20 (Líquidos Combustíveis e Inflamáveis) do MTE: Estabelece as diretrizes para a gestão da segurança e saúde dos trabalhadores contra os riscos de acidentes de trabalho relacionados ao trabalho proveniente da produção, armazenamento, transferência e manuseio de líquidos combustíveis e inflamáveis.

Na Figura 10 é apresentado o projeto da instalação para o gás LP, desenvolvido para a usina de asfalto em referência:

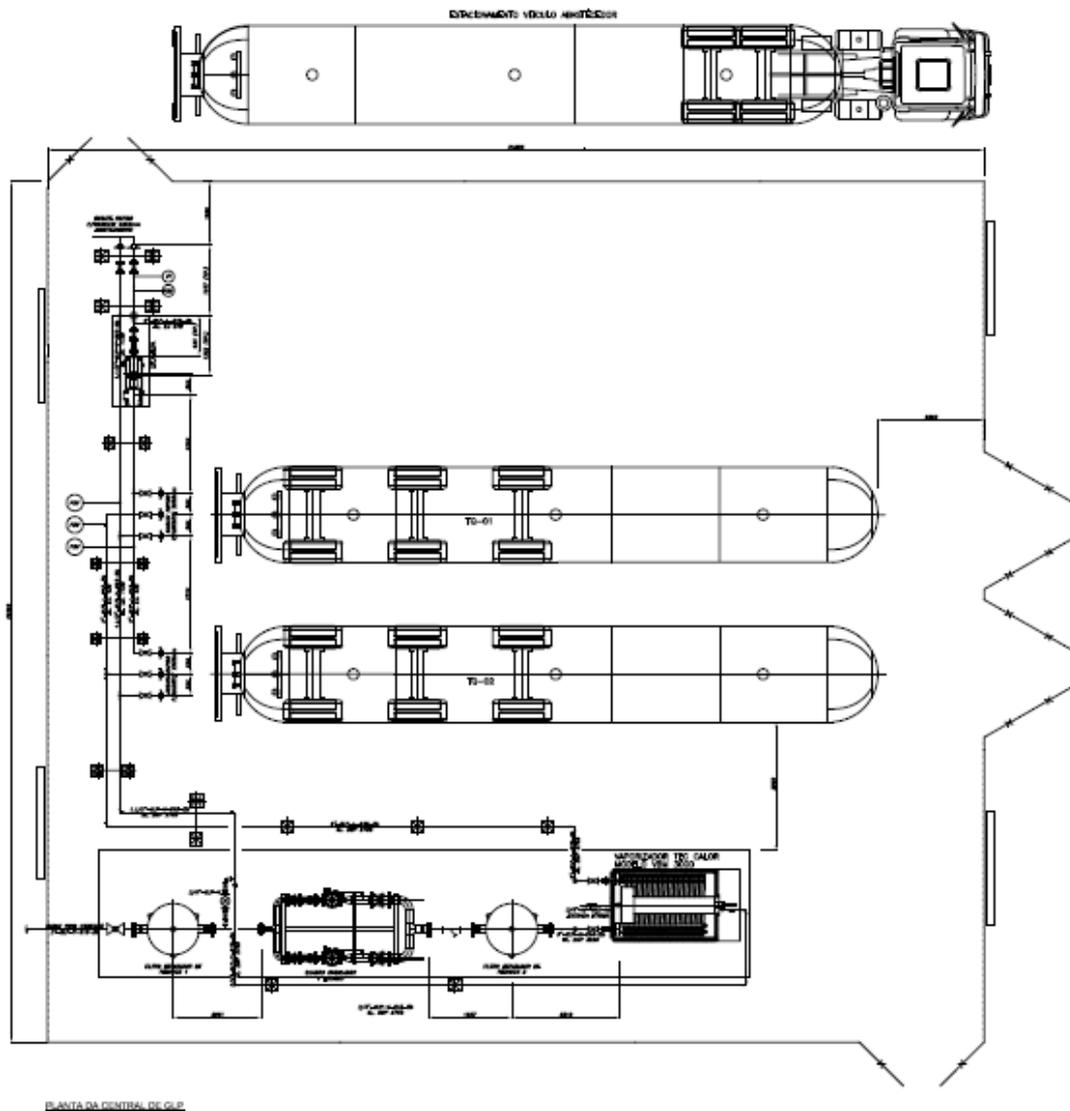


Figura 10. Projeto de instalação para o gás LP (Fonte: TUBE)

A execução da instalação mecânica obedeceu rigorosamente ao projeto, bem como às normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) que trata dos critérios

de projeto, montagem e operação de centrais e rede de distribuição de gás LP (liquefeito de petróleo).

O projeto tem como objetivo estabelecer os parâmetros necessários para a realização da montagem de uma instalação centralizada e rede de distribuição de maneira segura, com vazão e pressão necessárias para o bom funcionamento da instalação industrial. A instalação industrial será destinada à utilização de gás na fase vapor, com o equipamento vaporizador elétrico e quadro de regulação para atender demanda de processo do cliente.

O projeto se refere à uma instalação centralizada com 02 tanques de capacidade volumétrica de 40m³, onde os tanques foram fabricados conforme especificações da ASME Seção VIII, Divisão 1 e 2. Cada tanque está classificado como estacionário, conforme norma ABNT NBR 13523, por possuir capacidade volumétrica total superior a 0,5 m³, projetado e construído conforme normas internacionais reconhecidas. Os tanques estacionários são classificados conforme abaixo:

- Quanto à localização: de superfície;
- Quanto ao formato: cilíndrico;
- Quanto à posição: horizontal;
- Quanto à fixação: fixo;
- Quanto ao manuseio: estacionário;
- Quanto ao abastecimento: abastecido no local.

A instalação industrial com 02 tanques de capacidade volumétrica de 40m³ é protegida com cerca de tela de arame, com no mínimo altura de 1,8 metros que não venha a interferir na ventilação, contendo 02 portões de acesso à central de gás, sendo 01 portão de emergência com largura de 1,0 metro e 01 portão de abastecimento do tanque estacionário com largura de 1,0 metro.

A utilização do gás LP na instalação centralizada e rede de distribuição será na fase vapor, com o objetivo de atender a demanda de processo do estabelecimento. A tubulação da rede de distribuição após a cerca de proteção da central será de forma enterrada em Ø 2.1/2”

instalada com os elementos de fixação (suportes) adequados, bem como com o devido tratamento contra corrosão.

É contemplada a instalação na parte superior de cada tanque estacionário de 01 válvula de segurança acoplada à um tubo de escape com pressão de abertura em 17,6 kgf/cm². Pressão de trabalho do tanque aproximadamente em 7,0 kgf/cm².

São contempladas para cada tanque estacionário 02 válvulas esferas em Ø 1.1/2” para drenagem de gás LP fase líquida. É contemplado para cada tanque estacionário a instalação de 01 válvula de excesso de fluxo em latão 2”.

É contemplada a tubulação da rede de alimentação em Ø 2” fase líquida com 01 bocal de enchimento para engate rápido fêmea 2” em bronze para o enchimento de cada tanque estacionário. A rede de alimentação é instalada com os elementos de fixação (suportes) adequados. Na rede de alimentação é contemplado a instalação de válvula de alívio hidrostático ½” NPT com pressão de abertura de 375 psi caso haja sobre-pressão no sistema. É contemplado a instalação de 01 válvula de excesso de fluxo em latão 2”.

É contemplada a tubulação da rede de retorno em Ø 1.1/2” fase vapor com 01 bocal de enchimento para engate rápido fêmea 1.1/2” em bronze para a equalização de pressão entre o caminhão de abastecimento e cada tanque estacionário. A rede de alimentação é instalada com os elementos de fixação (suportes) adequados. É contemplado a instalação de 01 válvula de excesso de fluxo em latão 2”.

É contemplada a tubulação da rede de distribuição em Ø 2” fase líquida na saída do tanque estacionário à entrada no vaporizador elétrico. A rede de distribuição é instalada com os elementos de fixação (suportes) adequados. Na rede de distribuição é contemplado a instalação de válvula de alívio hidrostático ½” NPT com pressão de abertura de 375 psi caso haja sobre-pressão no sistema. É contemplado a instalação de 01 válvula de excesso de fluxo em latão 2”.

É contemplada a instalação de 01 vaporizador elétrico com objetivo de suprir as necessidades de consumo no que tange à vazão requerida, para atender os requisitos de processo da usina de asfalto em referência nesta dissertação. O vaporizador elétrico é um equipamento

trocador de calor que transforma o gás LP fase líquida em gás LP fase vapor, proporcionando a quantidade de gás necessária às potências requeridas pelos equipamentos de processo da planta industrial. Nesta usina em questão, o gás LP fase vapor será destinado ao queimador para a secagem de agregados e aquecimento do CAP.

É contemplada a instalação de 01 quadro de regulagem no sistema, com 02 reguladores de pressão 1º estágio com vazão nominal de 320 kg/h, com pressão e vazão dimensionados para atender aos requisitos de processo da usina de asfalto. Há válvulas esferas na entrada e saída de cada regulador. Há manômetros à montante e à jusante do quadro de regulagem, com objetivo de monitorar a pressão do sistema.

É contemplada a instalação de 01 filtro separador de pesados para gás LP, devido ocorrer a formação de oleína após o sistema de vaporização. Esta oleína deve ser retirada durante as manutenções preventivas no sistema.

5.2.1 Procedimentos Preliminares Para Execução da Instalação

Na execução da instalação centralizada e rede de distribuição para o gás LP os suportes devem ser construídos em perfis de aço carbono estrutural fixados em paredes, pisos ou no interior de canaletas de tubulação.

Os suportes em aço carbono sem tratamento superficial devem ser limpos e devidamente pintados (partes metálicas) com uma primeira demão de primer e acabamento com tinta esmalte sintético na cor preta.

A distância entre os suportes de tubulações deve ser tal que não as submeta a esforços que possam provocar deformações.

Todos os equipamentos devem ser cuidadosamente alinhados, nivelados e colocados em suas posições exatas, cujas locações e elevações devem ser verificadas por meio de instrumentos de verificação de nível. É indispensável o máximo rigor nessas locações porque as conexões de saídas desses equipamentos onde se ligam as tubulações servirão de pontos de partida de orientação para toda a montagem futura dos tubos.

Os suportes devem ficar perfeitamente alinhados e nivelados, de modo que os tubos se apoiem por igual e naturalmente em todos os pontos. Um ponto de apoio desnivelado causará desigualdade na distribuição de cargas, introduzindo tensões imprevistas e às vezes elevadas, nos tubos e nos próprios suportes.

No serviço de montagem é também muito importante o planejamento prévio de toda área da obra, isto é, o estudo da melhor disposição para o "canteiro da obra". Devem ser sempre previstas áreas adequadas para a oficina de pré-fabricação, o escritório, o almoxarifado coberto (para peças pequenas ou valiosas), para a armazenagem das peças pré-fabricadas, etc. Para todas essas áreas deve ser estudado o necessário suprimento de água e de eletricidade, bem como previstas as facilidades para acesso e trânsito de pessoas, veículos e máquinas.

Em princípio não se deve estocar tubos e outros materiais grandes no local da obra, para não atrapalhar o trânsito de pessoas e veículos e não atrapalhar a própria montagem. Não se deve deixar ao tempo materiais que possam ser danificados pela chuva. As extremidades das varas de tubos não devem ser deixadas abertas para evitar a entrada de terra e outros corpos estranhos, e também, para não servirem de locais de guarda de ferramentas, eletrodos etc. Quando as varas de tubo tiverem de ser arrastadas pelo solo devem se tomadas precauções para impedir a entrada de terra e corpos estranhos.

A armazenagem dos tubos, conexões e válvulas são feitas geralmente em áreas descobertas. Portanto, é necessário tamponar os tubos e válvulas tomando as devidas precauções para que as mesmas não fiquem semi-enterradas no solo ou cobertas pela vegetação. O manuseio de tubos ou peças com revestimentos ou pinturas de proteção deve ser feito com o devido cuidado para não causar danos a esses revestimentos. Quaisquer materiais que sejam armazenados ao tempo, inclusive varas de tubos, válvulas, peças pré-fabricadas etc., devem ser colocados em tal posição que não dêem lugar a empoçamento de água da chuva.

O máximo de limpeza, ordem e arrumação deve ser mantido no local da obra para evitar enganos e acidentes, e também para melhorar a eficiência do trabalho.

Na montagem de tubulações é necessário que seja observado com o maior rigor possível o alinhamento entre as varas de tubo e as peças pré-fabricadas. Esse alinhamento deve ser

mantido até que seja completada toda a montagem.

Se todo o sistema de suportes já estiver completamente pronto e perfeitamente alinhado e nivelado, o alinhamento dos tubos é relativamente fácil de ser conseguido, bastando colocar as varas de tubo e peças pré-fabricadas nos respectivos suportes. Mesmo assim haverá quase sempre necessidade de construção de escoramentos provisórios para a sustentação de pequenas peças que não tenham suportes próprios, ou para auxiliar a sustentação de outras peças.

Em qualquer serviço de montagem de tubulações devem ser observadas todas as normas de segurança para se evitar acidentes. No caso particular de obras em instalações que trabalhem com líquidos, gases inflamáveis ou explosivos, deve-se tomar o máximo cuidado com os riscos de incêndio e de explosão. Portanto, antes de iniciar as instalações é necessário verificar as especificações técnicas da tubulação de acordo com o projeto que determinará os tipos de tubulações envolvidas no serviço a executar.

Em todos os serviços de montagem de tubulações é muito importante o papel da fiscalização da obra. O supervisor de instalação deve acompanhar cuidadosamente o início até o término de toda montagem, não só para verificar a perfeita obediência às especificações como também e, principalmente, para auxiliar o montador, o ajudante e o soldador. É absolutamente necessário que quaisquer dúvidas, possíveis erros ou alternativas sugeridas (quanto a montagem ou quanto aos materiais), sejam levados ao conhecimento do supervisor da instalação para avaliar tais sugestões.

Depois de terminada a montagem deve-se fazer a limpeza interna completa das tubulações, com passagem de ar comprimido ou gás inerte para remover depósitos de ferrugem, pontas de eletrodos, poeiras, rebarbas e outros detritos, antes da entrada em operação do sistema.

A pressão utilizada na limpeza não deve ser superior à utilizada no ensaio de estanqueidade. A limpeza deve contemplar todos os trechos da rede de distribuição.

O fluxo de passagem de ar comprimido ou gás inerte deve ser constante para que os resíduos sejam arrastados para fora da tubulação, garantido maior eficiência no processo de limpeza.

Depois de montado o sistema de tubulações, deve ser feito obrigatoriamente um teste de estanqueidade para verificação de possíveis vazamentos. O teste é realizado com ar comprimido ou gás inerte.

O ensaio não deve ser iniciado sem uma criteriosa inspeção visual de toda a instalação centralizada e rede de distribuição, com inspeção das juntas e conexões para se detectar previamente qualquer tipo de defeito durante sua execução.

Nos testes de estanqueidade a pressão de teste deve ser sempre superior a pressão de operação da tubulação. A pressão de teste é igual a 1,5 vezes a pressão máxima de trabalho admitida. O tempo de teste deve ser no mínimo de 60 minutos.

Após a conclusão do teste será emitido um laudo de teste de estanqueidade, contendo todas as informações e condições de ensaio.

5.2.2 Principais Etapas para Implementação da Instalação

Na Figura 11 é mostrado como as etapas de execução para a instalação de gás LP foram definidas:

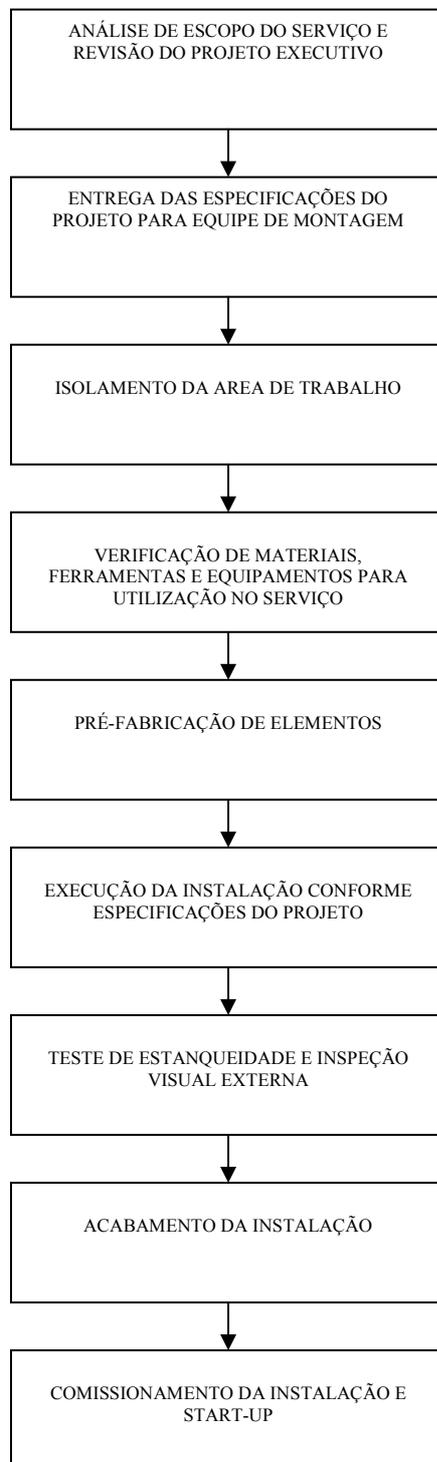


Figura 11. Diagrama de blocos com as etapas de instalação (Fonte: Autor)

Análise de escopo do serviço e revisão do projeto executivo - O supervisor de instalação analisa toda a documentação técnica enviada (projetos, cortes, listagem de material) para identificar se há alguma informação incorreta ou que necessite de esclarecimentos.

Entrega da especificações do projeto para a equipe de montagem – Nesta etapa, o supervisor de instalação entrega à equipe de montagem a listagem de material, plantas baixas, isométricos do projeto a executar.

Isolamento da área de trabalho – Para evitar a ocorrência de acidentes de trabalho na área da instalação é necessário fazer o isolamento de área através de fitas zebradas, cones de sinalização, placas de advertência. Com este procedimento, há o impedimento de pessoas não autorizadas adentrem o local de trabalho.

Verificação de materiais, ferramentas e equipamentos para utilização no serviço – Com a listagem de material é verificado se os materiais separados estão conformes as especificações do projeto enviado. É feito uma inspeção visual externa nos tubos, válvulas, conexões, equipamentos para constatar se há alguma não-conformidade.

Pré-fabricação de elementos - Com os projetos (planta baixa, isométricos, detalhamentos) e listagem de material, a equipe de montagem inicia a pré-montagem de elementos e estruturas que serão utilizados na instalação industrial. São disponibilizados equipamentos abaixo para a pré-fabricação:

- 1) Furadeira de bancada: Utilizado para fazer furos sob medida em tubos. Estes tubos são utilizados para a montagem e instalação do sistema centralizador de gases, onde há regulador de pressão, válvulas esferas e conexões em aço carbono para controle do sistema. Este equipamento também é utilizado para fazer furos em suportes com perfil de “mão-francesa” para a colocação de tubos em determinada altura, dependendo do empreendimento.
- 2) Policorte: Utilizado para fazer os cortes sob medida em tubos, cantoneiras, barras chatas, vigas “I” e “U”. Como é um equipamento que utiliza disco de corte com elevada velocidade, é importante ter cautela para não ocorrer risco de acidente.

- 3) Kit de soldagem oxi-acetileno e máquina de soldagem TIG: Utilizado para a soldagem de tubos, cantoneiras, barras chatas, vigas “I” e “U” que foram cortados na policorte, bem como na soldagem dos elementos pré-fabricados. É necessário atenção nesta atividade, porque erros nesta etapa podem acarretar em retrabalho, atraso em produtividade e risco de vazamentos durante o comissionamento da instalação (caso não seja feito teste de estanqueidade).
- 4) Esmeril: Equipamento utilizado para afiação de ferramentas ou retirada de rebarbas em tubos, cantoneiras, barras chatas, vigas “I” e “U”.
- 5) Compressor de ar: Equipamento utilizado para fazer teste de estanqueidade, com objetivo de identificar vazamentos na pré-montagem realizada.

Na pré-fabricação de elementos é importante haver atenção redobrada, visto que nesta etapa a equipe de montagem utiliza de equipamentos mecânicos que podem causar acidentes de trabalho, como por exemplo cortes e queimaduras dos membros superiores.

Execução da instalação conforme especificações do projeto – São utilizados EPI’s (Equipamentos de Proteção Individual) para realizar as atividades de forma segura. São utilizadas ferramentas manuais como chaves boca-estria, tarraxa, furadeira, chaves de fenda utilizadas na instalação da tubulação. Primeiramente, a equipe de montagem faz uma verificação prévia do local para iniciar as atividades, onde posteriormente é realizado um diálogo de segurança com objetivo de alinhar todos os pontos necessários. É feito a marcação de todos os pontos em que serão instaladas as abraçadeiras que suportarão os tubos, onde através da furadeira a equipe de montagem fará o furo no local indicado. O montador realiza o corte do tubo na medida necessária para a instalação em parede ou teto, onde após esta etapa é feito nas extremidades as roscas nos tubos para acoplamento de conexões e válvulas esferas. A instalação destas abraçadeiras é feita com buchas e parafusos, onde nesta etapa a equipe de montagem faz a colocação do tubo nestas abraçadeiras com auxílio de chaves de fenda. Após este procedimento, é feito a verificação de nível pelo montador da obra.

Estresse e carga excessiva de trabalho em virtude do prazo curto para a finalização dos serviços podem provocar falhas no processo de tomada de decisão da equipe de montagem, o

que de certa forma impacta no desempenho das atividades. A soldagem de tubulações deve ser executada de forma planejada e tranqüila, no qual esse procedimento feito de forma errônea compromete a segurança da instalação para o gás LP (Liquefeito de Petróleo).

Teste de estanqueidade e inspeção visual externa – Quando a tubulação já estiver finalizada, a equipe antes de conectar os aparelhos de queima deve plugar todas as saídas para realizar o teste de estanqueidade. Antes de realizar o teste, a equipe de montagem deve fazer uma inspeção visual externa criteriosa na tubulação para avaliar quaisquer anomalias (amassamento de tubos, oxidação, etc) e, também, nas juntas e conexões para detectar previamente qualquer tipo de defeito durante a execução da obra. Após este procedimento, o montador acopla o conjunto de teste na tubulação, sendo este conjunto composto de um compressor de ar, uma válvula esfera e um manômetro de pressão. Com isso, o montador pressuriza o sistema a uma determinada pressão de teste e aguarda um tempo para estabilização da pressão. Ao final do período de teste não havendo queda de pressão pelo manômetro o montador evidenciará que não há vazamento na tubulação, procedendo com a despressurização do sistema através da abertura de válvula esfera para a atmosfera.

A realização do teste de estanqueidade e da inspeção visual externa deve ser realizada de forma tranqüila, planejada e com atenção redobrada, visto que a estanqueidade garantirá a aprovação para comissionamento da instalação. Desvios de atenção, estresse, cansaço ou falta de instrução técnica compromete o todo o trabalho quanto à segurança e qualidade.

Acabamento da instalação – Após a aprovação no teste de estanqueidade, a equipe realiza a pintura da tubulação com a utilização de rolos de espuma, pincéis, solventes e tintas para providenciar o acabamento.

Comissionamento da instalação e start-up – O comissionamento de uma instalação é o conjunto de procedimentos, ensaios, regulagens e ajustes necessários à colocação de uma rede de distribuição para o gás LP em operação de forma segura. Antes de se iniciar o comissionamento da tubulação com o gás a equipe verifica todas as saídas, onde as válvulas esferas se encontram fechadas e as extremidades da tubulação estejam plugadas, onde por questões de segurança a equipe providencia a abertura de portas e janelas que se comuniquem para o exterior. Com isso, o montador providencia a abertura de válvula esfera para admissão

do gás na tubulação de forma lenta e contínua. Com o gás no interior da tubulação o montador providencia a abertura da válvula esfera no ponto de consumo (equipamento do cliente) para fazer os testes de desempenho.

Nesta etapa caso haja algum problema a equipe de montagem deve ter o conhecimento técnico e atenção para a correção de problemas. Sendo esta a última etapa é evidente que a criticidade é relevante, porque como a equipe de montagem apresenta uma fadiga de trabalho elevada em virtude do carregamento e levantamento de peso, postura inadequada e execução de atividades de forma intensa compromete a capacidade de raciocínio e de atenção dos colaboradores.

5.3 IDENTIFICAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHADORES

Os trabalhadores que desempenham as tarefas de instalação industrial para o gás LP foram enquadrados conforme informado a seguir.

1) Soldador

- Atuar com realização dos serviços de solda elétrica, TIG, oxi-acetilênica.
- Fazer verificação visual de soldas bem como dimensional de peças.
- Realizar leitura e interpretação de desenhos para soldagem.
- Cortar, lixar e pontilhar peças metálicas.

Tempo de experiência: 7 anos.

2) Montador

- Fazer interpretação de desenhos técnicos para a correta montagem mecânica conforme normas técnicas.
- Confeccionar peças de tubos e conexões para atender requisitos de projetos de equipamentos mecânicos.
- Traçar, furar, abrir roscas, cortar peças, manual ou mecanicamente, para confecção de peças de tubos e conexões.

Tempo de experiência: 7 anos.

3) Ajudante

- Auxiliar o montador na montagem e instalação de tubulações.
- Realizar transporte de materiais, equipamentos e ferramentas necessários às tarefas.
- Realizar guarda de ferramentas, limpeza, conservação após término das atividades.

Tempo de experiência: 5 anos.

4) Supervisor de instalação

- Coordenar, planejar, executar e monitorar as ações a serem implementadas em relação aos serviços e atividades a serem desenvolvidos.
- Coordenar os processos realizando inter-relação entre fornecedores e clientes
- Coordenar a logística das equipes de montagem.

Tempo de experiência: 5 anos.

O desenvolvimento da Análise de Confiabilidade Humana (ACH) utilizando o método SPAR-H, neste trabalho, tem por premissa a quantificação dos erros humanos que podem impactar negativamente o desenvolvimento do processo de instalação do gás LP. Os resultados com base nas quantificações não servem apenas para obtenção das Probabilidades de Erro Humano, tais resultados também demonstram as vulnerabilidades das condições de trabalho, ou seja, quais funções apresentam tarefas mais suscetíveis ao erro por parte de quem as desempenham. O SPAR-H avalia tarefas com características cognitivas e de ação, sendo assim agrega valor ao desenvolvimento da Análise da Confiabilidade Humana.

O uso da tabulação dos resultados, com base no processo de quantificação do método SPAR-H permite o desenvolvimento de idéias, modificações e ajustes nos processos produtivos, pois permite que os analistas compreendam que os erros humanos não ocorrem de forma única, mas sim, interligados a outros erros, que por sua vez, podem estar condicionados à alguma situação indevida e/ou não prevista nos diferentes níveis de ação do processo de

instalação do gás LP. O desenvolvimento de uma modelagem que traduza a realidade de um processo, no sentido de se obter uma quantificação realística, é um grande desafio. Sendo assim, um método estruturado como o SPAR-H pode fornecer dados confiáveis e aplicáveis.

No primeiro momento uma análise das tarefas é desenvolvida. Esta análise permite entender como as tarefas são realizadas pelos trabalhadores, para tal, várias ações são desenvolvidas: entrevistas, visitas ao campo, análise de instruções técnicas. O objetivo é identificar os possíveis erros humanos que podem ocorrer no desenvolvimento das tarefas, suas características (cognitiva ou de ação), os possíveis fatores delimitadores do desempenho humano. A identificação dos pontos anteriores permite a quantificação através do SPAR-H, ou seja, permite determinar as probabilidades de erro humano.

A seguir, a identificação dos erros humanos se faz necessária, com objetivo de avaliá-los nos diferentes níveis de ação do processo de instalação do gás LP. Possíveis erros envolvem erros de comunicação, erros na tomada de decisões ou na utilização de procedimentos, erros no desenvolvimento das tarefas. Esses erros devem ser levados em consideração na análise.

Todo o contexto anterior permite a constatação dos potenciais erros humanos e suas possíveis conseqüências, que por sua vez, indicam as mudanças e correções que devem ser consideradas no processo do processo de instalação do gás LP. É possível observar que uma análise qualitativa é realizada inicialmente para fornecer um maior detalhamento das tarefas ligadas ao estudo de caso, onde a utilização do SPAR-H e suas tabelas com os Fatores Delimitadores permitem a quantificação das probabilidades de erro humano.

Através da Descrição das Funções é feito um enquadramento e uma análise das tarefas afeitas as mesmas, para que se possa utilizar o SPAR-H e suas tabelas, que tratam os níveis de estresse, carga de trabalho, complexidade, procedimentos. O enquadramento e a análise podem ser realizados em condições nominais, ou seja, considera-se a execução das “funções e suas tarefas” nas “condições normais” em que as mesmas são executadas, analisando quais são os fatores delimitadores presentes na execução.

5.4 USO DO MÉTODO SPAR-H

Nesta etapa foram identificadas e realizadas todas as etapas necessárias para uso do método SPAR-H. Nesta etapa, um especialista, com formação em engenharia de segurança, 11 anos de experiência no setor, realizou todas as etapas necessárias para quantificação da probabilidade de erro humano.

5.4.1 Descrição das Tarefas e Identificação dos Fatores que Afetam os Trabalhadores

Neste item serão descritas as tarefas realizadas pelo soldador, montador, ajudante e supervisor de instalação. Posteriormente, serão identificados os fatores delimitadores do desempenho humano e quantificadas as probabilidade de erro humano nas tarefas identificadas.

5.4.1.1 Função soldador

Atua na realização dos serviços de Solda: Elétrica, TIG (*Tungsten Inert Gas*), Oxiacetilênica.

Os profissionais que desempenham a função de Soldador, devem ter um tempo mínimo de experiência de 7 (sete) anos. Além disso, são intensamente exigidos no desempenho das seguintes principais tarefas:

- Realizar leitura e interpretação dos desenhos técnicos para efetuar corretamente a soldagem.
- Cortar, lixar e pontilhar peças metálicas.
- Realizar a verificação visual das soldas bem como o dimensional de peças.

Quando se trata do dimensional das peças é realizado uma verificação das dimensões das peças quanto ao comprimento, largura, espessura com objetivo de constatar se as peças estão conforme os desenhos enviados para a execução do serviço. Caso haja alguma medida que esteja fora dos parâmetros de projeto procede-se com a troca.

As tarefas acima discriminadas apresentam no seu desenvolvimento as seguintes características:

- Característica Cognitiva: Realizar leitura e interpretação dos desenhos técnicos para efetuar corretamente a soldagem.
- Característica de Ação: Cortar, lixar, pontilhar peças metálicas.
- Característica de Ação: Soldar e realizar a verificação visual das soldas bem como o dimensional de peças.

Na execução das tarefas, sejam elas de características cognitiva ou característica de ação, considerando também o cenário de uma situação real que é apresentado no estudo de caso (Usina de Asfalto), os seguintes fatores de desempenho humano (FDH), com base no Quadro 4 do SPAR-H, estão presentes:

<i>Fatores Delimitadores do Desempenho Humano</i>	<i>Níveis dos Delimitadores do Desempenho Humano</i>	<i>Multiplicadores</i>
Tempo Disponível	Tempo Nominal	1
Estresse/Estressores	Alto/Extremo	2/5
Complexidade	Moderada Complexidade	2
Experiência/Treinamento	Nominal	1
Procedimentos	Não disponível	50
Necessidades de aptidões especiais	Nominal	1

Quadro 4. Fatores de desempenho humano – Soldador (Fonte: NUREG 6883, 2005)

Os níveis dos fatores delimitadores acima considerados foram avaliados e escolhidos dentro dos seguintes critérios:

- **Tempo Nominal:** o soldador tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), tem o desempenho de sua função normalmente limitado por Janelas de Tempo. Esta condição é de fácil

entendimento devido aos cumprimentos dos cronogramas de projeto, ou de modificações de projeto ou de manutenções; tal condição pode ser considerada como condição normal. Além disso, há as condições de emergência ou anormais, quando um evento ou um acidente ocorrem. Em tais condições as Janelas de Tempo seriam restritas (Tempo Restrito). Importante lembrar que as *condições de emergência não fazem parte do escopo deste trabalho*.

Neste trabalho é considerado que a tarefa de leitura e interpretação dos desenhos técnicos é realizada dentro de uma Janela de Tempo Nominal (Tempo Nominal) e as tarefas com característica de ação também são realizadas dentro de uma Janela de Tempo Nominal (Tempo Nominal). As tarefas não têm tempo de folga para sua realização. Para o fator delimitador tempo disponível o nível é nominal (multiplicador = 1) devido o tempo ser suficiente para diagnosticar problema detectados durante a execução da instalação industrial (NUREG 6883, 2005).

- **Alto/Extremo (Estresse/Estressores):** o soldador tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), trabalha sob condições difíceis como: características do local, calor, posição ao soldar, utilização de vários EPI (Equipamento de Proteção Individual), a importância do processo de soldagem no funcionamento e segurança da planta, etc. Todas essas condições, ao longo do tempo de execução da tarefa, podem ocasionar um estresse cumulativo. Neste trabalho é considerado um estresse que varia do alto ao extremo. Na tarefa com característica cognitiva, o nível do fator delimitador será considerado alto (multiplicador = 2) devido às circunstâncias e condições indesejáveis que impactam na tarefa. Na tarefa com característica de ação, o nível do fator delimitador será considerado alto (multiplicador = 2) na tarefa que envolve as atividades de corte, lixamento, pontilhamento. Na tarefa com característica de ação, o nível do fator delimitador será extremo (multiplicador = 5) devido além das circunstâncias e condições indesejáveis que impactam na tarefa, o soldador ter uma alta carga de trabalho e mental elevada (NUREG 6883, 2005).
- **Moderada Complexidade:** o soldador tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), lida com um certo

grau de complexidade, pois sua tarefa não é simplesmente soldar. O processo de soldagem precisa atender ao projeto, às especificações técnicas de soldagem (normativas nacionais e internacionais), aos quesitos de segurança durante a soldagem, etc. Esse cenário não pode ser considerado trivial, ele apresenta um certo grau de complexidade. Neste trabalho, é considerado que o nível do fator delimitador é moderada complexidade (multiplicador = 2) devido a tarefa oferecer pouca dificuldade em sua execução por causa da experiência do soldador em empreendimentos industriais como o do estudo em questão (NUREG 6883, 2005).

- **Nominal (Experiência/Treinamento):** o soldador tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), necessita ter um treinamento consolidado. No estudo de caso deste trabalho, o soldador tem um tempo mínimo de experiência de 7 (sete) anos e há um treinamento continuado. Sendo assim, a experiência/ treinamento é considerada nominal. Neste trabalho, é considerado que o nível do fator delimitador é nominal (multiplicador = 1) devido o soldador possuir uma quantidade adequada de instrução para a execução do processo de soldagem, sendo proficiente na tarefa em seu cotidiano (NUREG 6883, 2005).
- **Não disponível (Procedimentos):** o soldador na execução desta tarefa (característica de ação), não tem a sua disposição procedimentos que o orientem. A falta de procedimento no desempenho de tarefas que obedece as normativas nacionais e internacionais e quesitos de qualidade e segurança, deve ser considerada uma questão grave, pois todo o processo de soldagem repousa no conhecimento trazido pelo soldador. Mesmo considerando um tempo mínimo de experiência de 7 (sete) anos e um treinamento continuado, a existência do procedimento balizaria os critérios básicos que devem ser seguidos. É importante destacar, como exemplo, que as indústrias nuclear, petroquímica e química, têm seus procedimentos de soldagem, e também exigem das empresas contratadas, seus procedimentos. Mesmo não sendo escopo deste trabalho de dissertação, é importante ressaltar, que a falta de procedimentos afeta a qualidade do desempenho da tarefa e o processo de Garantia da Qualidade.

O soldador na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva) tem por base o desenho técnico, que apresenta todas as informações necessárias ao soldador, no aspecto geral

projeto e no aspecto específico da soldagem. Na avaliação do especialista o soldador tem conhecimento e treinamento suficientes para ler e interpretar os desenhos. Sendo assim, o delimitador de desempenho humano procedimento não será considerado, na tarefa com característica cognitiva.

Na tarefa com característica de ação, o nível do fator delimitador será considerado não disponível (multiplicador = 50) porque nestas tarefas os detalhes técnicos quanto à normatização, cortes, tolerâncias de projeto e simbologia serem importantes para a padronização da instalação industrial (NUREG 6883,2005).

- **Nominal (Necessidades de aptidões especiais):** o soldador tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), não necessita apresentar aptidões especiais. Deve ser um profissional capaz de assimilar as condições normais de um treinamento, de respeitar às normativas apresentadas no treinamento, bem como, respeitar os quesitos de segurança e qualidade também apresentados no treinamento.

Neste trabalho, é considerado que o nível do fator delimitador é nominal (multiplicador = 1) devido o soldador estar em condições de executar as tarefas em condições normais, de forma apropriada (NUREG 6883, 2005).

5.4.1.1.1 Quantificação da Probabilidade de Erro Humano das Tarefas Básicas do Soldador

O método SPAR-H apresenta duas Probabilidades de Erro Humano:

- Probabilidade de Erro na Diagnose = 0,01, baseado no valor encontrado no THERP, Tabela 20.1, item 4 (NUREG/CR-1278)
- Probabilidade de Erro na Ação = 0,001, baseado nas tarefas representativas encontradas no THERP Tabela 20.7, item 4; Tabela 20-9, Item 3; Tabela 20-11, Itens 1 e 2; Tabela 20-12, Item 3; e Tabela 20-13, Item 1 (NUREG/CR-1278)

I. Quantificação da Tarefa A (TA): Realizar leitura e interpretação dos desenhos técnicos para efetuar corretamente a soldagem – Característica Cognitiva.

- Probabilidade de Erro Humano na Diagnose = 0,01

- Realizar leitura e interpretação dos desenhos técnicos para a correta montagem mecânica de acordo com as normativas nacionais e internacionais.
- Traçar, furar, abrir roscas, cortar peças, em processos manuais e/ou mecânicos.
- Com base na tarefa anterior, confeccionar peças: tubos e conexões para atender aos requisitos de projetos de equipamentos mecânicos.

As tarefas acima discriminadas apresentam no seu desenvolvimento as seguintes características:

- Característica Cognitiva: Realizar leitura e interpretação dos desenhos técnicos para a correta montagem mecânica de acordo com as normativas nacionais e internacionais.
- Característica de Ação: Traçar, furar, abrir roscas, cortar, em processos manuais e/ou mecânicos.
- Característica de Ação: Confeccionar peças: com base na ação anterior, com os tubos e conexões preparados, atender aos requisitos do projeto de montagem dos equipamentos mecânicos.

Na execução das tarefas, sejam elas de característica cognitiva ou característica de ação, considerando também o cenário de uma situação real que é apresentado no estudo de caso (Usina de Asfalto), os seguintes fatores de desempenho humano (FDH), com base no Quadro 5 do SPAR-H, estão presentes:

<i>Delimitadores do Desempenho Humano</i>	<i>Níveis dos Delimitadores do Desempenho Humano</i>	<i>Multiplicadores</i>
Tempo Disponível	Tempo Nominal	1
Estresse/Estressores	Alto	2
Complexidade	Moderada Complexidade	2
Experiência/Treinamento	Nominal	1
Procedimentos	Incompleto	20

Necessidades de aptidões especiais	Nominal	1
---	---------	---

Quadro 5. Fatores de desempenho humano – Montador (Fonte: NUREG 6883, 2005)

Os níveis dos fatores delimitadores acima considerados foram avaliados e escolhidos dentro dos seguintes critérios:

- **Tempo Nominal:** o montador (do mesmo modo que o soldador) tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), tem o desempenho de sua função normalmente limitado por Janelas de Tempo. Esta condição é de fácil entendimento devido aos cumprimentos dos cronogramas de projeto, ou de modificações de projeto ou de manutenções; tal condição pode ser considerada como condição normal. Na montagem as condições de emergência ou anormais, quando um evento ou um acidente ocorrem, são mais graves, pois normalmente, estruturas inteiras em processo de montagem, podem ser envolvidas em tais eventos ou acidentes. Nestas condições as Janelas de Tempo não têm tanta importância, pois uma vez comprometida a estrutura, todo o trabalho de montagem tem de ser reiniciado. No caso da soldagem, é diferente, pois a mesma pode ser solicitada para evitar que o evento ou acidente evoluam para condições mais graves. Importante lembrar que as condições de emergência não fazem parte do escopo deste trabalho.

Neste trabalho é considerado que a tarefa de leitura e interpretação dos desenhos técnicos é realizada dentro de uma Janela de Tempo Nominal (Tempo Nominal) e as tarefas com característica de ação também são realizadas dentro de uma Janela de Tempo Nominal (Tempo Nominal). As tarefas não têm tempo de folga para sua realização.

Para o fator delimitador tempo disponível o nível é nominal (multiplicador = 1) devido o tempo ser suficiente para diagnosticar problema detectados durante a execução da instalação industrial (NUREG 6883, 2005).

- **Alto (Estresse/Estressores):** o montador tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), trabalha sob condições difíceis como: características do local, calor, peso das peças

envolvidas na montagem, utilização de vários EPI (Equipamento de Proteção Individual), a importância do processo de montagem no funcionamento e segurança da planta, etc. Todas essas condições, ao longo do tempo de execução da tarefa, podem ocasionar um estresse cumulativo. Neste trabalho é considerado um estresse que varia do alto ao extremo. Na tarefa com característica cognitiva será considerado alto. Na tarefa com característica de ação será considerado alto na tarefa que envolve traçar, furação, abertura de roscas, corte peças, em processos manuais e/ou mecânicos e, também alto, na tarefa que envolve o atendimento aos requisitos do projeto de montagem dos equipamentos mecânicos.

Diferentemente da função solda, o estresse na função montagem não foi considerado extremo, pelo fato do montador não ter a dissipação de calor própria do processo de soldagem. Outro ponto está ligado aos EPIs empregados na soldagem, que envolvem mais intensamente o corpo, principalmente rosto e parte frontal do tórax. Portanto, neste trabalho é considerado que o nível do fator delimitador é alto (multiplicador = 2) (NUREG 6883, 2005).

Importante lembrar que as tarefas com característica cognitiva analisadas neste trabalho, não são desempenhadas em um escritório com ar condicionado, prancheta, etc. Elas são desempenhadas em campo, em um momento mais ameno, mas não necessariamente confortável, por exemplo, o profissional para realizar a leitura e interpretação dos desenhos técnicos, pode ter que continuar usando algum EPI, devido ao local onde esta tarefa está sendo desenvolvida – no chão do canteiro de obra.

- Moderada Complexidade: o montador tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), lida com um certo grau de complexidade, pois sua tarefa não é simplesmente realizar a montagem. O processo de montagem precisa atender ao projeto, às especificações técnicas utilizadas na montagem (normativas nacionais e internacionais), aos quesitos de segurança durante a montagem, etc. Esse cenário não pode ser considerado trivial, ele apresenta um certo grau de complexidade. Portanto, neste trabalho é considerado que o nível do fator delimitador é moderada complexidade (multiplicador = 2) (NUREG 6883, 2005).

- **Nominal (Experiência/Treinamento):** o montador tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), necessita ter um treinamento consolidado. No estudo de caso deste trabalho, o montador tem um tempo mínimo de experiência de 7 (sete) anos e há um treinamento continuado. Sendo assim, a experiência/ treinamento é considerada nominal. Neste trabalho, é considerado que o nível do fator delimitador é nominal (multiplicador = 1) devido o montador possuir uma quantidade adequada de instrução para a execução do processo de montagem, sendo proficiente na tarefa em seu cotidiano (NUREG 6883, 2005).
- **Incompleto (Procedimentos):** o montador na execução desta tarefa (característica de ação), não tem a sua disposição procedimentos que o orientem. A falta de procedimento no desempenho de tarefas que obedecem a normativas nacionais e internacionais e quesitos de qualidade e segurança, deve ser considerada uma questão grave, pois todo o processo de montagem repousa no conhecimento trazido pelo montador. Mesmo considerando um tempo mínimo de experiência de 7 (sete) anos e um treinamento continuado, a existência do procedimento balizaria os critérios básicos que devem ser seguidos. É importante destacar, como exemplo, que as indústrias nuclear, petroquímica e química, têm seus procedimentos de montagem, e também exigem das empresas contratadas, seus procedimentos. Mesmo não sendo escopo deste trabalho de dissertação, é importante ressaltar, que a falta de procedimentos afeta a qualidade do desempenho da tarefa e o processo de Garantia da Qualidade.

No processo de montagem, o montador ainda pode se orientar pelos desenhos técnicos, que não são procedimentos, mas servem como guia no processo a ser desenvolvido. A existência de um procedimento de montagem, com o desenho técnico anexado, daria a completeza necessária a todo o processo de montagem. Sendo assim, será considerado que o procedimento é incompleto.

A função soldador difere da função montador, na primeira o procedimento é fundamental, pois apenas o desenho técnico não é suficiente. O processo de soldagem é mais sutil, exige uma aferição qualitativa mais profunda, as normativas são mais amplas, por exemplo, o tipo de material que está sendo soldado. No processo de montagem as normativas são

mais simples. Portanto, neste trabalho é considerado que o nível do fator delimitador é incompleto (multiplicador = 20) (NUREG 6883, 2005).

O montador na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva) tem por base o desenho técnico, que apresenta todas as informações necessárias ao montador, no aspecto geral projeto e no aspecto específico da montagem. Na avaliação do especialista o montador tem conhecimento e treinamento suficientes para ler e interpretar os desenhos. Sendo assim, o delimitador de desempenho humano procedimento não será considerado.

- **Nominal (Necessidades de aptidões especiais):** o montador tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), não necessita apresentar aptidões especiais. Deve ser um profissional capaz de assimilar as condições normais de um treinamento, de respeitar às normativas apresentadas no treinamento, bem como, respeitar os quesitos de segurança e qualidade também apresentados no treinamento. Sendo assim, a necessidade de aptidões especiais é considerada nominal.

Neste trabalho, é considerado que o nível do fator delimitador é nominal (multiplicador = 1) devido o montador estar em condições de executar as tarefas em condições normais, de forma apropriada (NUREG 6883, 2005).

5.4.1.2.1 Quantificação da Probabilidade de Erro Humano das Tarefas Básicas do Montador

O método SPAR-H apresenta duas Probabilidades de Erro Humano:

- Probabilidade de Erro na Diagnose = 0,01
 - Probabilidade de Erro na Ação = 0,001
- I. Quantificação da Tarefa A: Realizar leitura e interpretação dos desenhos técnicos para a correta montagem mecânica de acordo com as normativas nacionais e internacionais – Característica Cognitiva.

- Probabilidade de Erro Humano na Diagnose = 0,01
- Delimitadores do Desempenho Humano:
 - Tempo Nominal Multiplicador 1
 - Estresse Alto Multiplicador 2
 - Moderada Complexidade Multiplicador 2
 - Experiência/Treinamento Multiplicador 1 (Nominal)
 - Aptidão Especial Multiplicador 1 (Nominal)

O delimitador de desempenho humano procedimento não é considerado nesta tarefa, pois o desenho técnico, já apresenta todas as informações necessárias ao soldador, no aspecto geral projeto e no aspecto específico da montagem. Na avaliação do especialista o montador tem conhecimento e treinamento suficientes para ler e interpretar os desenhos.

- Probabilidade Final Erro Humano na Diagnose:
 $0,01 \times 1 \times 2 \times 2 \times 1 \times 1 = 0,04 = 4E-02$

II. Quantificação da Tarefa B: Traçar, furar, abrir roscas, cortar peças, em processos manuais e/ou mecânicos – Característica de Ação.

- Probabilidade de Erro Humano na Ação = 0,001
- Delimitadores do Desempenho Humano:
 - Tempo Nominal Multiplicador 1
 - Estresse Alto Multiplicador 2
 - Moderada Complexidade Multiplicador 2
 - Experiência/Treinamento Multiplicador 1 (Nominal)
 - Procedimento Incompleto Multiplicador 20
 - Aptidão Especial Multiplicador 1 (Nominal)
- Probabilidade Final Erro Humano na Ação:
 $0,001 \times 1 \times 2 \times 2 \times 1 \times 20 \times 1 = 0,08 = 8E-02$

5.4.1.3 Função Ajudante

Atua na realização de apoio aos serviços de Montagem Mecânica: Tubulações e Conexões em aço carbono, aço inox e cobre.

Os profissionais que desempenham a função de Ajudante, devem ter um tempo mínimo de experiência de 5 (cinco) anos. Além disso, são intensamente exigidos no desempenho das seguintes tarefas básicas:

- Auxiliar o montador na montagem e instalação de tubulações.
- Realizar transporte de materiais, equipamentos e ferramentas necessários às tarefas.
- Realizar guarda de ferramentas, limpeza, conservação após término das atividades.
- Fazer interpretação de desenhos técnicos para a correta montagem mecânica conforme normas técnicas.

As tarefas acima discriminadas apresentam no seu desenvolvimento as seguintes características:

- Característica Cognitiva: Fazer interpretação básica dos desenhos técnicos para a correta montagem mecânica conforme normas técnicas.
- Característica de Ação: Auxiliar o montador na montagem e instalação de tubulações.
- Característica de Ação: Realizar transporte de materiais, equipamentos e ferramentas necessários às tarefas.
- Característica de Ação: Realizar guarda de ferramentas, limpeza, conservação após término das atividades.

Na execução das tarefas, sejam elas de característica cognitiva ou característica de ação, considerando também o cenário de uma situação real que é apresentado no estudo de caso (Usina de Asfalto), os seguintes fatores de desempenho humano (FDH), com base no Quadro 6 do SPAR-H, estão presentes:

<i>Delimitadores do Desempenho Humano</i>	<i>Níveis dos Delimitadores do Desempenho Humano</i>	<i>Multiplicadores</i>
Tempo Disponível	Tempo Nominal	1
Estresse/Estressores	Alto	2
Complexidade	Nominal	1
Experiência/Treinamento	Nominal	1
Procedimentos	Incompleto	20
Necessidades de aptidões especiais	Nominal	1

Quadro 6. Fatores de desempenho humano – Ajudante (Fonte: NUREG 6883, 2005)

Os níveis dos fatores delimitadores acima considerados foram avaliados e escolhidos dentro dos seguintes critérios:

- **Tempo Nominal:** o ajudante (do mesmo modo que o montador) tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), tem o desempenho de sua função normalmente limitado por Janelas de Tempo. Esta condição é de fácil entendimento devido aos cumprimentos dos cronogramas de projeto, ou de modificações de projeto ou de manutenções; tal condição pode ser considerada como condição normal. Além disso, há as condições de emergência ou anormais, quando um evento ou um acidente ocorrem. Em tais condições as Janelas de Tempo seriam restritas (Tempo Restrito). Importante lembrar que as condições de emergência não fazem parte do escopo deste trabalho.

Neste trabalho é considerado que a tarefa de leitura e interpretação dos desenhos técnicos é realizada dentro de uma Janela de Tempo Nominal (Tempo Nominal) e as tarefas com característica de ação também são realizadas dentro de uma Janela de Tempo Nominal (Tempo Nominal). As tarefas não têm tempo de folga para sua realização.

Para o fator delimitador tempo disponível o nível é nominal (multiplicador = 1) devido o tempo ser suficiente para diagnosticar problema detectados durante a execução da instalação industrial (NUREG 6883, 2005).

- **Alto/Extremo (Estresse/Estressores):** o ajudante tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), trabalha sob condições difíceis como: características do local, calor, peso das peças envolvidas na montagem, utilização de vários EPI (Equipamento de Proteção Individual), a importância do processo de montagem no funcionamento e segurança da planta, etc. Todas essas condições, ao longo do tempo de execução da tarefa, podem ocasionar um estresse cumulativo. Neste trabalho é considerado um estresse que varia do alto ao extremo. Na tarefa com característica cognitiva será considerado alto. Na tarefa com característica de ação será considerado alto na tarefa que envolve auxiliar o montador na montagem e instalação de tubulações e, também alto, na tarefa que envolve a realização de transporte de materiais, equipamentos, ferramentas necessárias às tarefas e, também alto, na tarefa que envolve realizar a guarda de ferramentas, limpeza, conservação após término das atividades.

Diferentemente da função soldador, o estresse computado na função do ajudante não foi considerado extremo porque o ajudante não utiliza os equipamentos de solda. O uso de tais equipamentos envolve maior responsabilidade e habilidade. Portanto, neste trabalho é considerado que o nível do fator delimitador é alto (multiplicador = 2 (NUREG 6883, 2005).

Importante lembrar que as tarefas com característica cognitiva analisadas neste trabalho, não são desempenhadas em um escritório com ar condicionado, prancheta, etc. Elas são desempenhadas em campo, em um momento mais ameno, mas não necessariamente confortável, por exemplo, o profissional para realizar a leitura e interpretação dos desenhos técnicos, pode ter que continuar usando algum EPI, devido ao local onde esta tarefa está sendo desenvolvida – no chão do canteiro de obra.

- **Nominal Complexidade:** o ajudante tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), lida com um grau

de complexidade menor em relação ao montador, pois sua tarefa é dar apoio a montagem. Esta tarefa apresenta um nível de responsabilidade menor, apesar do processo de apoio a montagem precisa atender ao projeto, às especificações técnicas de montagem (normativas nacionais e internacionais), aos quesitos de segurança durante a montagem, etc. Esse cenário não pode ser considerado trivial, mas apresenta um menor grau de complexidade e responsabilidade. Neste trabalho, é considerado que o nível do fator delimitador é nominal (multiplicador = 1) devido a tarefa não oferecer dificuldades em seu desenvolvimento, onde a tarefa é de menor responsabilidade e impacto (NUREG 6883, 2005).

- **Nominal (Experiência/Treinamento):** o ajudante tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), necessita ter um treinamento consolidado. No estudo de caso deste trabalho, o ajudante tem um tempo mínimo de experiência de 5 (cinco) anos e há um treinamento continuado. Sendo assim, a experiência/ treinamento é considerada nominal.

Neste trabalho, é considerado que o nível do fator delimitador é nominal (multiplicador = 1) devido o ajudante possuir uma quantidade adequada de instrução para o apoio no processo de montagem, sendo proficiente na tarefa em seu cotidiano (NUREG 6883, 2005).

- **Incompleto (Procedimentos):** o ajudante na execução desta tarefa (característica de ação), não tem a sua disposição procedimentos que o orientem. A falta de procedimento no desempenho de tarefas que obedecem a normativas nacionais e internacionais e quesitos de qualidade e segurança, deve ser considerada uma questão grave, pois todo o processo de apoio a montagem repousa no conhecimento trazido pelo ajudante. Mesmo considerando um tempo mínimo de experiência de 5 (cinco) anos e um treinamento continuado, a existência do procedimento balizaria os critérios básicos que devem ser seguidos. É importante destacar, como exemplo, que as indústrias nuclear, petroquímica e química, têm seus procedimentos de montagem, e também exigem das empresas contratadas, seus procedimentos. Mesmo não sendo escopo deste trabalho de dissertação, é importante ressaltar, que a falta de procedimentos afeta a qualidade do desempenho da tarefa e o processo de Garantia da Qualidade.

No processo de montagem, o ajudante ainda pode se orientar pelos desenhos técnicos, que não são procedimentos, mas servem como guia no processo a ser desenvolvido. A existência de um procedimento de montagem, com o desenho técnico anexado, daria a completeza necessária a todo o processo de montagem. Sendo assim, será considerado que o procedimento é incompleto. Como na montagem, no processo de apoio a montagem as normativas são mais simples.

Neste trabalho, é considerado que o nível do fator delimitador é incompleto (multiplicador = 20) devido a tarefa oferecer pouca dificuldade em sua execução por causa da experiência do ajudante em empreendimentos industriais como o do estudo em questão, no apoio a montagem (NUREG 6883, 2005).

O ajudante na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva) tem por base o desenho técnico, que apresenta todas as informações necessárias ao ajudante, no aspecto geral projeto e no aspecto específico de apoio a montagem. Na avaliação do especialista o ajudante tem conhecimento e treinamento suficientes para ler e interpretar os desenhos. Sendo assim, o delimitador de desempenho humano procedimento não será considerado, na tarefa com característica cognitiva.

- **Nominal (Necessidades de aptidões especiais):** o ajudante tanto na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva), bem como na execução da mesma (característica de ação), não necessita apresentar aptidões especiais. Deve ser um profissional capaz de assimilar as condições normais de um treinamento, de respeitar às normativas apresentadas no treinamento, bem como, respeitar os quesitos de segurança e qualidade também apresentados no treinamento. Sendo assim, a necessidade de aptidões especiais é considerada nominal.

Neste trabalho, é considerado que o nível do fator delimitador é nominal (multiplicador = 1) devido o ajudante estar em condições de executar as tarefas em condições normais, de forma apropriada (NUREG 6883, 2005).

5.4.1.3.1 Quantificação da Probabilidade de Erro Humano das Tarefas Básicas do Ajudante

O método SPAR-H apresenta duas Probabilidades de Erro Humano:

- Probabilidade de Erro na Diagnose = 0,01
- Probabilidade de Erro na Ação = 0,001

I. Quantificação da Tarefa A (TA): Fazer interpretação de desenhos técnicos para a correta montagem mecânica conforme normas técnicas – Característica Cognitiva.

- Probabilidade de Erro Humano na Diagnose = 0,01
- Delimitadores do Desempenho Humano:
 - Tempo Nominal Multiplicador 1
 - Estresse Alto Multiplicador 2
 - Nominal Complexidade Multiplicador 1
 - Experiência/Treinamento Multiplicador 1 (Nominal)
 - Aptidão Especial Multiplicador 1 (Nominal)

O delimitador de desempenho humano procedimento não é considerado nesta tarefa, pois o desenho técnico, já apresenta todas as informações necessárias ao ajudante, no aspecto geral projeto e no aspecto específico de apoio a montagem. Na avaliação do especialista o ajudante tem conhecimento e treinamento suficientes para ler e interpretar os desenhos.

- Probabilidade Final Erro Humano na Diagnose:
 $0,01 \times 1 \times 2 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,02 = 2E-02$

II. Quantificação da Tarefa B (TB): Auxiliar o montador na montagem e instalação de tubulações – Característica de Ação.

- Probabilidade de Erro Humano na Ação = 0,001

- Delimitadores do Desempenho Humano:

- Tempo Nominal Multiplicador 1
- Estresse Alto Multiplicador 2
- Nominal Complexidade Multiplicador 1
- Experiência/Treinamento Multiplicador 1 (Nominal)
- Procedimento Incompleto Multiplicador 20
- Aptidão Especial Multiplicador 1 (Nominal)

- Probabilidade Final Erro Humano na Ação:

$$0,001 \times 1 \times 2 \times 1 \times 1 \times 20 \times 1 = 0,04 = 4E-02$$

III. Quantificação da Tarefa C (TC): Realizar transporte de materiais, equipamentos e ferramentas necessários às tarefas – Característica de Ação.

- Probabilidade de Erro Humano na Ação = 0,001

- Delimitadores do Desempenho Humano:

- Tempo Nominal Multiplicador 1
- Estresse Alto Multiplicador 2
- Nominal Complexidade Multiplicador 1
- Experiência/Treinamento Multiplicador 1 (Nominal)
- Procedimento Incompleto Multiplicador 20
- Aptidão Especial Multiplicador 1 (Nominal)

- Probabilidade Final Erro Humano na Ação:

$$0,001 \times 1 \times 2 \times 1 \times 1 \times 20 \times 1 = 0,04 = 4E-02$$

IV. Quantificação Final da Tarefa:

Se o ajudante errar em algumas das tarefas anteriores, independentemente, se a tarefa tem Característica Cognitiva ou Característica de Ação, o trabalho estará comprometido, ou seja, se o ajudante errar na interpretação de desenhos técnicos para a correta montagem mecânica conforme normas técnicas ou errar no apoio ao montador na montagem e

instalação de tubulações ou errar na realização do transporte de materiais, equipamentos e ferramentas necessários às tarefas ou erra na realização na guarda de ferramentas, limpeza, conservação após término das atividades, o trabalho ficará “não conforme” e terá de ser refeito. Sendo assim as portas que se apresentam são “portas ou”, então, as probabilidades se somam.

A Probabilidade Total de Erro Humano será:

$$\begin{aligned} P(\text{TA} \cup \text{TB} \cup \text{TC}) &= P(\text{TA}) + P(\text{TB}) + P(\text{TC}) - P(\text{TA} \cap \text{TB}) - P(\text{TA} \cap \text{TC}) - P(\text{TB} \cap \text{TC}) + \\ P(\text{TA} \cap \text{TB} \cap \text{TC}) &= 2\text{E-}02 + 4\text{E-}02 + 4\text{E-}02 - 2\text{E-}02 \times 4\text{E-}02 - 2\text{E-}02 \times 4\text{E-}02 - 4\text{E-}02 \times 4\text{E-}02 + \\ 2\text{E-}02 \times 4\text{E-}02 \times 4\text{E-}02 &= 2\text{E-}02 + 4\text{E-}02 + 4\text{E-}02 - 8\text{E-}04 - 8\text{E-}04 - 1,6\text{E-}03 + 8\text{E-}06 = 0,0968 \end{aligned}$$

$$P(\text{TA} \cup \text{TB} \cup \text{TC}) = 0,0968$$

5.4.1.4 Função Supervisor de Instalação

Atua na coordenação dos serviços de Montagem Mecânica e de Soldagem: Planejamento, monitoração e logística de equipes.

Os profissionais que desempenham a função de Supervisor de Instalação, devem ter um tempo mínimo de experiência de 5 (cinco) anos. Além disso, são intensamente exigidos no desempenho das seguintes tarefas básicas:

- Coordenar, planejar e monitorar as ações a serem implementadas em relação aos serviços e atividades a serem desenvolvidos.
- Coordenar a logística das equipes de montagem.

As tarefas acima discriminadas apresentam no seu desenvolvimento as seguintes características:

- Característica Cognitiva: Coordenar, planejar e monitorar as ações a serem implementadas em relação aos serviços e atividades a serem desenvolvidos.

- Característica Cognitiva: Coordenar a logística das equipes de montagem.

Na execução das tarefas, de característica cognitiva, considerando também o cenário de uma situação real que é apresentado no estudo de caso (Usina de Asfalto), os seguintes fatores de desempenho humano (FDH), com base no Quadro 7 do SPAR-H, estão presentes:

<i>Delimitadores do Desempenho Humano</i>	<i>Níveis dos Delimitadores do Desempenho Humano</i>	<i>Multiplicadores</i>
Tempo Disponível	Tempo Nominal	1
Estresse/Estressores	Alto/Extremo	2/5
Complexidade	Moderada / Alta Complexidade	2/5
Experiência/Treinamento	Nominal	1
Procedimentos	Incompleto	20
Necessidades de aptidões especiais	Nominal	1

Quadro 7. Fatores de desempenho humano – Supervisor (Fonte: NUREG 6883, 2005)

Os níveis dos fatores delimitadores acima considerados foram avaliados e escolhidos dentro dos seguintes critérios:

- **Tempo Nominal:** o supervisor de instalação na interpretação e administração de sua tarefa (característica administrativa/cognitiva) tem o desempenho de sua função normalmente limitado por Janelas de Tempo. Esta condição é de fácil entendimento devido aos cumprimentos dos cronogramas de projeto, planejamento e monitoramento das equipes; tal condição pode ser considerada como condição normal. Neste trabalho é considerado que a tarefa de coordenação, planejamento e monitoramento é realizada dentro de uma Janela de Tempo Nominal (Tempo Nominal). As tarefas não têm tempo de folga para sua realização.

Para o fator delimitador tempo disponível o nível é nominal (multiplicador = 1) devido o tempo ser suficiente para diagnosticar problemas detectados durante a execução da instalação industrial (NUREG 6883, 2005).

- **Alto (Estresse/Estressores):** o supervisor na interpretação e administração de sua tarefa (característica administrativa/cognitiva), trabalha sob condições difíceis, pois enfrenta as mesmas situações ambientais, por exemplo, do soldador e montador, para exercer a supervisão. Utiliza também EPIs (Equipamento de Proteção Individual). Além disso, a tarefa do supervisor é também administrativa, principalmente nas ações de coordenar e planejar. Tais ações, organizacionais/técnicas, também desenvolvem um estresse, devido a tensão implícita nas mesmas. As ações coordenar e planejar implicam, por exemplo, em tomadas de decisão, ligadas ao desenvolvimento do processo da planta, bem como, da segurança da mesma. Neste trabalho é considerado um estresse que varia do alto ao extremo.

Na tarefa com característica cognitiva “Coordenar, planejar e monitorar as ações a serem implementadas em relação aos serviços e atividades a serem desenvolvidos”, o nível do fator delimitador será considerado extremo (multiplicador = 5) devido além das circunstâncias e condições indesejáveis que impactam na tarefa, o supervisor não contar com uma estrutura organizacional adequada que lhe ampare quanto à tomada de decisões de forma adequada. Na tarefa com característica cognitiva “Coordenar a logística das equipes de montagem”, o nível do fator delimitador será considerado alto (multiplicador = 2) devido as circunstâncias e condições indesejáveis que impactam na tarefa, quanto ao controle de materiais, ferramentas e equipamentos (NUREG 6883, 2005).

- **Alta / Moderada Complexidade:** o supervisor na interpretação e administração de sua tarefa (característica administrativa/cognitiva), lida com um certo grau de complexidade, pois sua tarefa não é simplesmente realizar o acompanhamento das atividades. O processo de supervisão precisa atender ao projeto, às especificações técnicas utilizadas na montagem (normativas nacionais e internacionais), aos quesitos de segurança durante a montagem, às expectativas do cliente (estar alinhado com as mesmas), atender ao cronograma de montagem, realizar constantes reuniões com o cliente, aplicar tomadas de

decisão, etc. Esse cenário não pode ser considerado trivial, ele apresenta um certo grau de complexidade. Neste trabalho são consideradas tarefas de alta a moderada complexidade.

Na tarefa com característica cognitiva “Coordenar, planejar e monitorar as ações a serem implementadas em relação aos serviços e atividades a serem desenvolvidos”, o nível do fator delimitador será considerado alta complexidade (multiplicador = 5) devido ao gerenciamento de várias atividades como negociar com o cliente prazos de execução dos serviços, ajustar cronograma conforme andamento da obra, controle e acompanhamento dos materiais, fiscalização da equipe de montagem. Na tarefa com característica cognitiva “Coordenar a logística das equipes de montagem”, o nível do fator delimitador será considerado moderada complexidade (multiplicador = 2) devido haver um pouco de dificuldade no controle logístico (NUREG 6883, 2005).

- **Nominal (Experiência/Treinamento):** o supervisor na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva) necessita ter um treinamento consolidado. No estudo de caso deste trabalho, o supervisor tem um tempo mínimo de experiência de 5 (cinco) anos e há um treinamento continuado. Sendo assim, a experiência/ treinamento é considerada nominal.

Neste trabalho, é considerado que o nível do fator delimitador é nominal (multiplicador = 1) devido o supervisor possuir uma quantidade adequada de instrução para a supervisão do processo de instalação, sendo proficiente na tarefa em seu cotidiano (NUREG 6883, 2005).

- **Incompleto (Procedimentos):** o supervisor na execução desta tarefa (característica cognitiva), não tem a sua disposição procedimentos que o orientem. A falta de procedimento no desempenho de tarefas que obedecem a normativas nacionais e internacionais e quesitos de qualidade e segurança, deve ser considerada uma questão grave, pois todo o processo de montagem repousa no conhecimento trazido pelo supervisor. Mesmo considerando um tempo mínimo de experiência de 5 (cinco) anos e um treinamento continuado, a existência do procedimento balizaria os critérios básicos que devem ser seguidos. É importante destacar, como exemplo, que as indústrias nuclear, petroquímica e química, têm seus procedimentos de montagem, e também exigem das

empresas contratadas, seus procedimentos. Mesmo não sendo escopo deste trabalho de dissertação, é importante ressaltar, que a falta de procedimentos afeta a qualidade do desempenho da tarefa e o processo de Garantia da Qualidade.

O supervisor ainda pode se orientar pelos desenhos técnicos, que não são procedimentos, mas servem como guia no processo a ser desenvolvido. A existência de um procedimento de montagem, com o desenho técnico anexado, daria a completeza necessária a todo o processo de montagem. Sendo assim, será considerado que o procedimento é incompleto (multiplicador = 20) (NUREG 6883, 2005).

O supervisor na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva) tem por base o desenho técnico, que apresenta todas as informações necessárias para tomada de decisão, no aspecto geral projeto e no aspecto específico da montagem. Na avaliação do especialista o supervisor tem conhecimento e treinamento suficientes para ler e interpretar os desenhos. Sendo assim, o delimitador de desempenho humano procedimento será considerado.

- **Nominal (Necessidades de aptidões especiais):** o supervisor na interpretação de sua tarefa (característica cognitiva) necessita apresentar aptidões especiais. Deve ser um profissional capaz de assimilar as condições normais de um treinamento, de respeitar às normativas apresentadas no treinamento, respeitar os quesitos de segurança e qualidade também apresentados no treinamento e ser capaz de tomar decisões. A necessidade de aptidões especiais é considerada nominal, considerando que tais aptidões foram supridas no treinamento.

Neste trabalho, é considerado que o nível do fator delimitador é nominal (multiplicador = 1) devido o supervisor estar em condições de executar as tarefas em condições normais, de forma apropriada (NUREG 6883, 2005).

5.4.1.4.1 Quantificação da Probabilidade de Erro Humano das tarefas básicas do Supervisor

O método SPAR-H apresenta duas Probabilidades de Erro Humano:

- Probabilidade de Erro na Diagnose = 0,01
 - Probabilidade de Erro na Ação = 0,001
- I. Quantificação da Tarefa A (TA): Coordenar, planejar e monitorar as ações a serem implementadas em relação aos serviços e atividades a serem desenvolvidos – Característica Cognitiva.
- Probabilidade de Erro Humano na Diagnose = 0,01
 - Delimitadores do Desempenho Humano:
 - Tempo Nominal Multiplicador 1
 - Estresse Extremo Multiplicador 5
 - Alta Complexidade Multiplicador 5
 - Experiência/Treinamento Multiplicador 1 (Nominal)
 - Procedimento Incompleto Multiplicador 20
 - Aptidão Especial Multiplicador 1 (Nominal)

Segundo Gertman (2005), o valor da probabilidade de erro humano (PEH) pode ser igual ou maior do que 1. Neste caso, se múltiplos fatores delimitadores de desempenho (igual ou maior do que 3) foram avaliados com impacto negativo em relação a probabilidade de erro humano, então existe a possibilidade que o valor final da probabilidade de ocorrência de erro humano seja maior do que 1. Portanto, será necessário utilizar a seguinte fórmula onde o FDDH ajustado é incluído.

Recalculando teremos:

$$PEH = (PEH_{\text{nominal}} \times FDDH_{\text{ajustado}}) / [(PEH_{\text{nominal}} \times (FDDH_{\text{ajustado}} - 1) + 1]$$

$$PEH_{\text{nominal}} = 0,01$$

$$FDDH_{\text{ajustado}} = 1 \times 5 \times 5 \times 1 \times 20 \times 1 = 500$$

$$\text{Probabilidade Final Erro Humano na Diagnose} = 8,3 \text{ E-01}$$

- II. Quantificação da Tarefa B: Coordenar a logística das equipes de montagem – Característica Cognitiva.

- Probabilidade de Erro Humano na Diagnose = 0,01
- Delimitadores do Desempenho Humano:

a. Tempo Nominal	Multiplicador 1
b. Estresse Alto	Multiplicador 2
c. Moderada Complexidade	Multiplicador 2
d. Experiência/Treinamento	Multiplicador 1 (Nominal)
e. Procedimento Incompleto	Multiplicador 20
f. Aptidão Especial	Multiplicador 1 (Nominal)

- Probabilidade Final Erro Humano na Diagnose:
 $0,01 \times 1 \times 2 \times 2 \times 1 \times 20 \times 1 = 0,8 = 8E-01$

III. Quantificação da Final da Tarefa

Se o supervisor errar em algumas das tarefas anteriores (característica administrativa/cognitiva), o trabalho estará comprometido, ou seja, se o supervisor errar em coordenar, planejar, monitorar as ações a serem implementadas em relação aos serviços e atividades a serem desenvolvidos, ou também, errar em coordenar os processos realizando inter-relação entre fornecedores e clientes, ou também, erra em coordenar a logística das equipes de montagem, o trabalho ficará “não conforme” e terá de ser refeito (além disso, esse contexto envolve várias tomadas de decisão). Sendo assim as portas que se apresentam são “portas ou”, então, as probabilidades se somam.

A Probabilidade Total de Erro Humano será:

$$P(\text{TAUTB}) = P(\text{TA}) + P(\text{TB}) - P(\text{TA} \cap \text{TB}) = 8,3 \text{ E-}01 + 8\text{E-}01 - 8,3 \text{ E-}01 \times 8\text{E-}01 = 0,966$$

5.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

No Quadro 8 é apresentado os resultados obtidos no capítulo anterior. É possível identificar que entre as funções que efetivamente realizam o processo de instalação (soldador, montador e ajudante), a maior probabilidade de ocorrência de erros humanos calculada está relacionada com a função soldador. A execução da tarefa C, soldar e realizar a verificação visual das soldas bem como o dimensional de peças, contribui significativamente com a

probabilidade de ocorrência de erros humanos e os fatores relacionados com estresse e procedimento não disponível podem afetar significativamente o desempenho dos trabalhadores.

Após a análise dos resultados apresentados verificou-se que os erros humanos gerados no processo de montagem e de soldagem podem de fato impactar negativamente no desenvolvimento do processo de instalação para o gás LP, uma vez que com os dados apresentados verificou-se a vulnerabilidade das condições de trabalho e a responsabilidade dos trabalhadores na instalação industrial.

FUNÇÃO	TAREFAS	CARACTERÍSTICAS	Probabilidade erro humano (PEH)
Soldador	A	Cognitiva (Diagnose)	4E-02
	B	Ação	2E-01
	C	Ação	5E-01
	Total = 0,616		
Montador	A	Cognitiva (Diagnose)	4E-02
	B	Ação	8E-02
	C	Ação	8E-02
	Total = 0,187		
Ajudante	A	Cognitiva (Diagnose)	2E-02
	B	Ação	4E-02
	C	Ação	4E-02
	Total = 0,0968		
Supervisor	A	Cognitiva (Diagnose)	8,3E-01
	B	Cognitiva (Diagnose)	8E-01
	Total = 0,966		

Quadro 8. Resultados obtidos (Fonte: Autor)

As probabilidades totais de erro humano para as funções do soldador (0,616) e do supervisor de instalação (0,966) foram as que apresentaram os valores mais elevados. É importante observar que na função soldador, que exerce uma ação direta na montagem da planta, o desafio está na execução correta das tarefas B e C. Dentro deste aspecto, a aplicação da robotização no processo de soldagem é considerada por vários setores industriais. Tal consideração, demonstra de certo modo, que o sucesso no processo de soldagem (soldagem com qualidade), quando o mesmo é desenvolvido pelo homem, é no mínimo discutível, ou seja, erros humanos podem acontecer. Para diminuir a possibilidade de ocorrência desses erros humanos, fatores como experiência, procedimentos que garantam a qualidade, são sempre considerados, além dos testes realizados, como exemplo, o teste de estanqueidade.

A função supervisor da instalação não exerce uma ação direta na execução do processo de soldagem ou de montagem, porém como coordena, planeja, monitora as ações a serem implementadas em relação aos serviços, tem grande influência no sucesso dos mesmos. É preciso também considerar que o supervisor é um tomador de decisão, dentro de processos estressantes, em ambientes adversos, sem procedimentos definidos, onde o conhecimento e a experiência são fatores importantes.

Na função soldador e supervisor, o fator delimitador de desempenho humano que mais impacta o desempenho de ambas as funções é a falta de procedimentos definidos. Na função soldador, que tem as tarefas desenvolvidas com base nas características cognitiva e ação, a probabilidade de erro humano é 3,3 vezes maior que na função montador e 6,4 vezes maior que na função ajudante. Tal resultado demonstra e reforça todos os aspectos abordados neste trabalho, que envolve a função soldador, e representa o maior risco associado com o funcionamento adequado da instalação industrial. Indo mais além, se os testes não forem realizados adequadamente, de modo a garantir a qualidade do processo de soldagem, os erros humanos provenientes da função soldador, serão os eventos iniciadores de possíveis acidentes.

A função supervisor tem a característica cognitiva nas tarefas desenvolvidas, que aliada aos fatores de desempenho humano, apresenta uma probabilidade de erro humano próxima a 1,00 (0,966). Tal resultado indica a fragilidade da tomada de decisão atrelada ao desenvolvimento de processos envolvidos na instalação para o gás LP. Para finalizar, os

resultados quantitativos apresentados, não devem ser vistos como eventos certos, pelo contrário, devem ser analisados com um alerta, pois tais funções podem ser precursoras de eventos que podem ocasionar possíveis acidentes. Dentro ainda deste cenário, cabe ainda ressaltar, que os possíveis erros humanos oriundos da função soldador podem ser recuperáveis em função dos testes de estanqueidade. Entretanto, a função supervisor pode apresentar erros latentes, que ficam escamoteados e aparecem de modo repentino.

É possível apontar dois pontos importantes que podem modificar o quadro negativo que foi projetado nos resultados apresentados:

1. Melhor controle do processo de soldagem:

O soldador trabalha em condições difíceis para reproduzir da melhor maneira possível (quanto à qualidade) a soldagem dos tubos. Estas condições difíceis seriam: características do local, calor, posição ao soldar, utilização de vários EPI (Equipamento de Proteção Individual), a responsabilidade do processo de soldagem no funcionamento e segurança da planta, etc. Como o soldador é um ser humano, tais padrões de qualidade em soldagem podem não ser atendidos, devido ser gerado ao longo do tempo o estresse cumulativo. A soldagem manual podendo ser ergonomicamente dificultada devido os tubos serem soldados “*in loco*” e a poucos centímetros do chão, não garante a produtividade, qualidade e repetibilidade desejadas. Vale ressaltar que o fator delimitador ergonomia não será tratado nesta dissertação.

É sugerida a utilização de um sistema de soldagem robotizado para eliminar e/ou reduzir certos vieses.

Com um robô é capaz de se controlar certos parâmetros de soldagem como a tensão e a corrente, através da atuação direta do sistema de controle na máquina de solda. Mostra-se que a robotização do processo da soldagem permite obter ganho na qualidade do produto final, aumento considerável da repetibilidade, diminuição do retrabalho e diminuição do tempo de execução da solda. (LIMA; TORRES; FELIZARDO; FILHO; BRACARENSE, 2004, p.1)

No mínimo, um robô é capaz de reproduzir o trabalho (a solda) do melhor soldador humano. Além disso, utilizando um robô, é possível otimizar certos parâmetros a fim de aumentar a qualidade e as taxas de deposição de material e, por fim, aumentar a velocidade da soldagem, diminuindo ainda mais o tempo gasto em cada cordão. Tal robô pode ser completamente programável e realizar todas as atividades da soldagem automaticamente, como: abertura e fechamento do arco elétrico, movimentação da tocha de soldagem (controle da velocidade de soldagem, do ângulo da tocha e do *stickout*) e controle da corrente de soldagem e da tensão do arco elétrico. (LIMA; TORRES; FELIZARDO; FILHO; BRACARENSE, 2004, p.2).

A robotização do processo de soldagem orbital traz inúmeras vantagens, entre elas (LIMA; TORRES; FELIZARDO; FILHO; BRACARENSE, 2004, p.8):

- Qualidade: o controle dos parâmetros de soldagem durante o processo proporciona um cordão de solda mais homogêneo ao longo de todo seu comprimento, independente da posição de soldagem.
- Repetibilidade: a robotização proporciona soldas sempre similares, aumentando o grau de repetibilidade e rastreabilidade do processo, uma vez que um sistema robotizado é capaz de ajustar parâmetros e movimentos de modo a compensar variações em variáveis ambientais (melhor rejeição a distúrbios).
- Economia: diminuição de retrabalho através do aumento da qualidade e repetibilidade.
- Redução do tempo para execução do cordão de solda: a possibilidade de otimização dos parâmetros de soldagem, como corrente de soldagem, tensão do arco elétrico e *stick-out*, permite trabalhar com velocidades de soldagem mais elevadas que as normalmente utilizadas na soldagem manual.

2. Estabelecimento de procedimentos técnicos:

A falta de procedimentos no desempenho de tarefas que obedecem a normativas nacionais, internacionais, quesitos de qualidade e de segurança foi considerada uma questão

grave e que deve ter atenção especial, porque para os procedimentos de montagem e de soldagem devido ao grau de responsabilidade técnica e a necessidade do atendimento de normativas não há um documento formal no qual os trabalhadores possam cumprir. A falta de procedimentos escritos afeta significativamente a qualidade do desempenho das tarefas.

O estabelecimento de um procedimento técnico tem uma grande importância dentro de uma empresa, sendo o objetivo básico de garantir mediante uma padronização os resultados esperados por cada tarefa executada, ou seja, é um roteiro padronizado para realizar uma atividade. (BLOG GMPE GESTÃO DE MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. O que significa POP. Procedimento Operacional Padrão, Rio de Janeiro. Disponível em <<https://gmpe.com.br/blog/o-que-significa-pop-procedimento-operacional-padrao-como-utilizar-e-quais-as-vantagens-para-minha-empresa--6.html>>. Acesso em: 06 jan.2016.)

Os procedimentos técnicos devem garantir a padronização de tarefas e assegurar aos seus colaboradores que desempenhem um serviço livre de variações indesejáveis na sua qualidade final. (BLOG GMPE GESTÃO DE MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. O que significa POP. Procedimento Operacional Padrão, Rio de Janeiro. Disponível em <<https://gmpe.com.br/blog/o-que-significa-pop-procedimento-operacional-padrao-como-utilizar-e-quais-as-vantagens-para-minha-empresa--6.html>>. Acesso em: 06 jan.2016.)

6. ALOCAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NA ANÁLISE DE RISCO

Usando como referência a metodologia para avaliação do nível de alocação dos fatores humanos em um processo industrial, Projeto PRISM (2004) da União Européia, teremos uma proposta de abordagem para identificação do risco associado ao processo de instalação de gás LP na usina de asfalto, em função da probabilidade de ocorrência de erros humanos.

O projeto PRISM (2014), da União Européia, tem como objetivo a melhoria da segurança nas indústrias de processos europeias, enfatizando a aplicação dos fatores humanos nos novos projetos e compartilhando a experiência obtida com as novas metodologias implementadas. O Quadro 9, projeto PRISM (2014), apresenta para cada faixa de alocação dos fatores humanos o nível de avaliação correspondente.

Alocação fatores humanos	Nível de Alocação
91% - 100%	Muito Alto
76% - 90%	Alto
66% - 75%	Médio
46% - 65%	Baixo
0% - 45%	Muito Baixo

Quadro 9. Escala percentual da metodologia do projeto PRISM (Fonte: Autor)

Dando continuidade a abordagem de identificação do risco associado ao processo de instalação de gás LP na usina de asfalto e considerando os estudos realizados nesta dissertação será utilizado também como referência o Quadro 10, adaptado da norma ISO-17776, que mostra o nível de severidade em função de quatro (4) categorias. As seguintes categorias foram incluídas nesta análise: segurança pessoal, instalações, meio ambiente, representação dos impactos gerados.

Severidade	Segurança Pessoal	Instalações	Meio ambiente	Representação dos impactos gerados
0	Sem lesões	Sem dano	Sem efeito	Sem impacto
1	Lesões leves, sem afastamento	Danos leves	Efeitos leves	Impacto leve
2	Lesões moderadas	Danos em sistemas	Efeitos moderados	Impacto limitado
3	Lesões gravidade moderada	Danos na instalação industrial	Severos com efeito localizado	Impacto regional
4	Provoca mortes ou lesões graves	Perda da instalação industrial	Severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais	Impacto nacional

Quadro 10. Descrição de severidade adaptada da ISO-17776 (Fonte: Autor)

A próxima etapa consiste no uso de uma matriz de risco, adaptada também da norma ISO-17776, e utilizando os quadros 9 e 10, apresentados anteriormente. Esta matriz apresenta severidade em função da probabilidade de ocorrência de erro humano. No Quadro 11 é apresentada esta matriz de risco.

Severidade	Probabilidade Ocorrência Erro Humano					
		0%-45%	46%-65%	66%-75%	76%-90%	91%-100%
0		RMB	RMB	RMB	RMB	RMB
1		RMB	RB	RB	RB	RM

2		RM	RM	RA (Incorporar medidas de redução risco)	RA Incorporar medidas de redução risco	RA Incorporar medidas de redução risco
3		RA Incorporar medidas de redução risco	RA Incorporar medidas de redução risco	RA Incorporar medidas de redução risco	RA Incorporar medidas de redução risco	RMA Não tolerável
4		RA Incorporar medidas de redução risco	RA Incorporar medidas de redução risco	RMA Não tolerável	RMA Não tolerável	RMA Não tolerável

Quadro 11. Severidade x Alocação Fatores Sócio-Técnicos (Fonte: Autor)

Legenda do Quadro 11:

- **RMB** – Risco Muito Baixo
- **RB**- Risco Baixo
- **RM**- Risco Médio
- **RA**- Risco Alto
- **RMA** – Risco Muito Alto

Nos Anexos A e B são apresentadas as Análises de Risco desenvolvidas tanto para o Supervisor de Instalação como para o Soldador. A classificação de risco é determinada pelas informações oriundas da probabilidade de ocorrência de erro humano, Quadro 8, e da severidade, Quadro 10. A partir dessas informações e utilizando a matriz de risco, Quadro 11, os riscos associados às tarefas desempenhadas pelo soldador e supervisor, são determinados.

Para a função soldador, os riscos associados às tarefas TA, TB e TC são apresentados a seguir:

- Tarefa (TA): Realizar leitura e interpretação dos desenhos técnicos para efetuar corretamente a soldagem
 - PEH (quadro 8) = 4%
 - Severidade = 2
 - Risco = Médio
- Tarefa (TB): Cortar, lixar, pontilhar peças metálicas
 - PEH (quadro 8) = 20%
 - Severidade = 3
 - Risco = Alto
- Tarefa (TC): Soldar e realizar a verificação visual das soldas, bem como o dimensional das peças
 - PEH (quadro 8) = 50%
 - Severidade = 3
 - Risco = Alto

A função soldador apresentou um percentual total de 61,6% de probabilidade de erro humano, representando a influência do risco alto associado com as tarefa B (TB) e tarefa C (TC). É importante ressaltar, que as tarefas B e C possuem característica de ação e influenciadas pelos fatores procedimentos não disponíveis, moderada complexidade e estresse alto (TB) e extremo (TC). Portanto, é razoável afirmar que a existência do procedimento de soldagem é importante na execução da instalação industrial, onde o impacto em virtude do estresse é determinante para a ocorrência das não-conformidades.

O percentual de 61,6% de probabilidade de erro humano detectado para o soldador foi evidenciado através da análise das tarefas TA, TB e TC, onde através da aplicação dos fatores delimitadores verificou-se que a tarefa TC (Soldar e realizar a verificação visual das soldas, bem como o dimensional das peças) contribui para o impacto negativo do percentual, em virtude do estresse extremo e de não haver procedimentos definidos, ocasionando na existência de retrabalhos.

Para a função supervisor, os riscos associados às tarefas TA e TB são apresentados a seguir:

- Tarefa (TA): Coordenar, planejar e monitorar as ações a serem implementadas
 - PEH (quadro 8) = 83%
 - Severidade = 2
 - Risco = Alto
- Tarefa (TB): Coordenar a logística das equipes de montagem
 - PEH (quadro 8) = 80%
 - Severidade = 1
 - Risco = Baixo

A função supervisor da instalação apresentou um percentual total de 96,6% de probabilidade de erro humano, representando a influência do risco alto associado com as tarefa A (TA). Vale ressaltar que a tarefa A (TA) tem característica de cunho cognitivo e influenciada pelos fatores estresse extremo, alta complexidade e procedimento incompleto. A tomada de decisão realizada pelo supervisor pode impactar negativamente na execução da instalação, podendo ter uma instalação mal executada ou fora dos padrões normativos. A instalação sendo realizada de forma incorreta (por exemplo, solda mal executada) pode acarretar em vazamentos de gás e/ou acidentes.

O percentual de 96,6% de probabilidade de erro humano detectado para o supervisor foi evidenciado através da análise das tarefas TA e TB, onde através da aplicação dos fatores delimitadores verificou-se que a tarefa TA (Coordenar, planejar e monitorar as ações a serem implementadas) contribui para o impacto negativo do percentual, em virtude do estresse extremo imputado a este trabalhador.

Em virtude dos dados apresentados nas Análises de Risco foi desenvolvido o procedimento para a realização do teste de estanqueidade na instalação para o gás LP, conforme explicitado no anexo C e o procedimento para a realização do serviço para soldagem das instalações para o gás LP, conforme explicitado no anexo D.

Para a função soldador, o desenvolvimento de um procedimento técnico voltado para as suas atribuições é necessária devido ao grau de responsabilidade inerente à essa atividade e, também, por se tratar de execução de instalação para o gás LP (fluido inflamável). Fica mais fácil através de um procedimento técnico demonstrar ao cliente que mesmo desejando o

encurtamento dos prazos de execução deve ser respeitado os parâmetros técnicos, normativos e de segurança para uma instalação industrial. A quantidade de retrabalhos é reduzida.

Com o desenvolvimento de um procedimento para o teste de estanqueidade busca-se uma padronização adequada para verificação de vazamentos, antes de proceder com o comissionamento do sistema (liberação do gás para a usina de asfalto).

Para a função supervisor de instalação, medidas quanto à organização do trabalho e melhoria da estrutura de trabalho são importantes para a redução do índice da probabilidade de erro humano. O controle e planejamento melhor das tarefas e acompanhamento adequado de um cronograma corretamente definido faz com que não ocorram retrabalhos, bem como a obtenção de dados consistentes e seguros para tomada de decisões eficazes.

7. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposta a utilização do método SPAR-H na identificação dos fatores sócio-técnicos, que podem afetar o desempenho dos trabalhadores durante a instalação de gás LP em uma usina de asfalto. O estudo em questão foi desenvolvido preliminarmente com o entendimento das tarefas e processos envolvidos na instalação de gás LP na usina de asfalto em questão, realizando uma análise das informações de forma a identificar os motivos dos erros humanos verificados. A partir deste ponto, procurou-se aprofundar o estudo na descrição das etapas de execução da instalação.

O estudo e a compreensão de como ocorre esta interação dos trabalhadores com o meio denota em como o ser humano interage e se comporta quando atua dentro de um sistema complexo. É um desafio aos especialistas detectarem através da melhor metodologia empregada no momento (neste estudo, o SPAR-H) o porquê dos erros humanos ocorrerem.

O uso das metodologias e conhecimentos no campo cognitivo para a análise das tarefas é de suma importância visto que nas instalações de tubulações para o gás LP demanda um rigor técnico elevado e, conseqüentemente, demanda um nível mental considerável como diagnóstico, tomada de decisões e resoluções de problemas, que podem acarretar em ações humanas não seguras representando riscos.

É plausível que alguns fatores de desempenho humano definidos pelo SPAR-H (tempo disponível, estresse e estressores, complexidade, experiência e treinamento, procedimentos, aptidão para o serviço) influenciem a gestão de equipes envolvidas nos diversos tipos de processos. Tais influências afetam a característica de ação e a característica cognitiva, então, é possível concluir, que a gestão de equipes envolve também uma gestão sobre as características cognitivas que afetam as mesmas, visando a obtenção de melhores resultados no desenvolvimento dos processos e na segurança dos mesmos. Os fatores de desempenho, bem como as probabilidades de falha, devem receber uma atenção especial, pois fornecem insights, que ajudam a melhorar os processos e a segurança.

Fatores como o estresse foi considerado como crítico, como por exemplo, na função soldador em que devido o grau de importância deste profissional no processo de instalação pode haver um estresse cumulativo, sendo considerado no método SPAR-H para esta

atividade de característica cognitiva extrema. Ao analisar a função do supervisor de instalações foi considerado crítico o fator complexidade, porque este profissional lida com um grau elevado de complexidade no que tange à supervisão de projetos, atendimento de cronograma de atividades, constantes reuniões com os clientes que fazem o nível de estresse aumentar consideravelmente.

Quanto à existência dos procedimentos é um ponto de relevância que foi identificado neste estudo. Os autores reforçam a importância do conhecimento e técnicas não repousarem nas mentes dos trabalhadores, havendo-se a necessidade em padronizar a realização de tarefas por intermédio dos procedimentos.

Fatores como estresse e procedimentos apresentaram alta relevância nos resultados. A busca por melhor controle no processo de soldagem e estabelecimentos de procedimentos técnicos são pontos de grande relevância nos resultados obtidos. Esses fatores agindo sobre o trabalhador fazem com que as probabilidades de erro humano sejam altas, sendo assim, atualmente, o processo de soldagem caminha para a utilização intensiva da robotização, para se evitar os retrabalhos e possíveis eventos.

Os Fatores Delimitadores Ergonomia e Processos de Trabalho não foram considerados nesta dissertação em virtude de não haver ainda uma estrutura organizacional implementada pela empresa que executa a instalação industrial para o gás LP, no sentido de analisar e considerar esses fatores. Não há ainda uma cultura de segurança, políticas de qualidade e uma comunicação eficiente entre os setores da empresa. A não abordagem dos fatores delimitadores Ergonomia e Processos de Trabalho, não impacta a credibilidade dos resultados obtidos, recomendações e conclusões realizadas.

Complementando o ponto anterior, também foi verificado que ainda não há um padrão definido para execução das atividades nas instalações para o gás LP, por exemplo, os locais de trabalho ainda não foram analisados no que diz respeito às suas condições ergonômicas. Além disso, não há autorização por parte da empresa no que diz respeito à obtenção de dados, por motivos de confidencialidade.

Procurou-se, no estudo, focar somente os fatores delimitadores: tempo disponível, estresse/estressores, complexidade, experiência/treinamento, procedimentos e necessidades de

aptidões especiais, porque a análise desses fatores dependia apenas do autor (especialista) desta dissertação, visto que, as condições ergonômicas e os processos de trabalho (tarefas/atividades), precisariam agregar especialistas na área de ergonomia e análise de tarefas.

Soluções existem e podem ser desenvolvidas, mas um entendimento de como os fatores de desempenho humano afetam as atividades através de mudanças organizacionais reforçam o quão é importante estes aspectos para a segurança da instalação e dos profissionais.

8. RECOMENDAÇÕES

Com a consolidação dos resultados evidenciados nesta dissertação e descrição dos cenários adversos que podem ocorrer em situações de não-conformidades foram elencadas recomendações que já de posse de todos os resultados substanciados definem as melhores práticas a serem implantadas:

1) Implantação de procedimentos técnicos:

Para haver um controle de qualidade, segurança e produtividade a padronização das atividades através dos procedimentos técnicos é de suma importância, ressaltando as atividades críticas definidas como o teste de estanqueidade e o processo de soldagem, com objetivo de se obter o sucesso operacional na entrega dos serviços aos clientes.

É importante ressaltar que a falta de procedimentos afeta a qualidade do desempenho da tarefa e o processo de garantia da qualidade. É pertinente esta recomendação para ser alcançada, implantada, mantida e fiscalizada regularmente, tendo-se uma relevância a abordagem dos conceitos de análise de confiabilidade humana visto ser um tema que requer uma análise com prioridade e amplo debate juntos aos profissionais da área.

Os conhecimentos técnicos dos profissionais que executam as atividades para o gás LP não devem repousar somente em suas mentes, onde tais conhecimentos e experiências devem ser compartilhadas e padronizadas, até mesmo pelo gás LP ser um fluido inflamável e que requer conhecimentos exatos, sem tolerância de erros. Entende-se que com a padronização por intermédio dos procedimentos aumentará substancialmente a percepção dos trabalhadores quanto aos riscos e perigos das tarefas, focando sempre na prevenção.

Com a padronização das atividades espera-se ocorrer a redução do retrabalho, aumentar a eficiência e produtividade nas atividades e, também, aumentar a confiabilidade no desempenho humano.

É importante que no desenvolvimento dos procedimentos técnicos sejam explorados e aprofundados os seguintes tópicos:

- Haja o envolvimento de todos os funcionários como o soldador, montador, ajudante e supervisor de instalações para que os conhecimentos e experiências adquiridas por estes profissionais sejam lapidados, de forma a desenvolver procedimentos dentro da realidade vivenciada por estes profissionais.
- Discussão a respeito das características do local, das tarefas e estresse que porventura venham ocorrer para melhor ajustamento na escrita e formatação dos procedimentos.
- Inserir assuntos correlatos à segurança do trabalho, como a utilização correta dos EPI's (Equipamentos de Proteção Individual), com objetivo de realizar as atividades de forma segura e para que não ocorram acidentes.
- Detalhar todos os passos necessários para o desempenho adequado das tarefas, do início ao fim, com a informação dos recursos utilizados, dos responsáveis pelas atividades e a forma na qual deve ser feito os serviços.

2) **Treinamento Contínuo**

As empresas devem englobar em seus planos estratégicos na busca da segurança, qualidade e produtividade treinamentos contínuos que visam o aprimoramento profissional de todos os envolvidos na instalação para o gás LP. Este quesito se torna mais contundente quando se trata de uma instalação para gases em uma planta industrial, onde é requerido o conhecimento das normas técnicas.

Vale ressaltar que o foco dos treinamentos contínuos vai além, não se preocupando somente na capacitação e no desenvolvimento das habilidades profissionais. O propósito é inculcar os conceitos de análise de confiabilidade humana para agregar valor e fortalecer a consciência em se trabalhar com uma metodologia adequada, com referência na adoção de procedimentos.

Os preceitos da ergonomia cognitiva ainda não possuem uma representatividade adequada dentro das organizações, visto que vale citar o texto abaixo para reflexão:

“Apenas após a consolidação da análise da confiabilidade de equipamentos é que se iniciaram os estudos sobre o componente humano, como o indivíduo pode cometer erros que levam às falhas dos sistemas mecânicos e o que leva a tais erros (os fatores existentes no contexto e aqueles inerentes a cada pessoa) (SOUZA; FIRMINO; DROGUETT, 2010, p.2)”

Mesmo sendo a implantação de técnicas de análise de confiabilidade humana ser algo custoso, de grande complexidade ou que requer profissionais habilitados no assunto é possível aplicar metodologias como o SPAR-H para identificar as influências negativas que podem afetar o desempenho dos trabalhadores, prezando pela qualidade dos serviços e redução das falhas humanas.

Treinamentos contínuos com foco na análise de confiabilidade humana são válidos e necessários, abordando-se seguintes aspectos:

- Criar e desenvolver sistemática de treinamentos;
- Adoção de procedimentos técnicos operacionais a fim de buscar a padronização das atividades, buscando-se a reciclagem e aprimoramento;
- Desenvolver funcionários para assumirem funções de liderança com filosofia em segurança e análise de confiabilidade humana em suas consciências.

Garantir aos funcionários treinamentos contínuos aumenta substancialmente a segurança e a excelência nos serviços prestados, sendo um grande diferencial em virtude de valorizar as pessoas e incentivando-as à inovação, aprendizagem e conscientização.

3) Gestão Cognitiva

A aplicabilidade dos conceitos de análise de confiabilidade humana em gestão de equipes é uma idéia importante a ser considerada devido aos benefícios que podem ser gerados com esta filosofia, onde a busca do entendimento por parte dos gestores e líderes de empresas é de suma importância para obtenção de melhores resultados e redução dos índices de acidentes.

Segundo Almeida (2004, p. 275), a concepção de uma gestão cognitiva transcende o que vemos quando se fala em gestão de equipes, visto que muitas das vezes não há um olhar crítico quanto ao porquê de uma tarefa não ser desempenhada com facilidade, existem níveis de estresse elevados em virtude dos prazos curtos de execução dos serviços, traços de ansiedade entre os trabalhadores que são evidenciados em suas ações diárias, etc.

É pertinente o aprofundamento e entendimento do cenário vivenciado pelos trabalhadores no ambiente de trabalho, utilizando-se das ferramentas de análise de confiabilidade humana para melhorar o desempenho e estimular os trabalhadores a desempenhar o trabalho de forma segura.

Nas atividades de instalações das tubulações para o gás LP na usina de asfalto em estudo houve queda de rendimento dos trabalhadores em suas tarefas, visto que os trabalhadores estavam exauridos com o estresse imputado por sua chefia em cumprir os prazos definidos. Segundo Almeida (2004, p. 275), “muitos operadores vêm-se obrigados a gerir uma negociação ou compromisso cognitivo entre objetivos de segurança (evitar acidentes e incidentes para si e para o sistema), de desempenho (cumprir a tarefa nos prazos impostos, evitar atrasos indesejáveis, etc) e da minimização de conseqüências fisiológicas e mentais do desempenho (fadiga, ansiedade, estresse e esgotamento)”.

Conforme citado por Almeida (2004, p. 275), “A gestão cognitiva da atividade inicia-se antes da ação mediante plano que permite compreender a tarefa e orienta as ações a serem realizadas”. Isto reforça a necessidade em além de se ter os procedimentos sabermos como as atividades estão sendo executadas na realidade, havendo um olhar crítico para este tema. Isto denota haver um planejamento de ações, a fim de minimizar a ocorrência de falhas humanas.

Recomenda-se que para uma gestão efetiva e eficaz das atividades de instalação para o gás LP seja adotada uma abordagem mais aprofundada no comportamento humano nas tarefas do cotidiano, fazendo-se um acompanhamento de aspectos cognitivos e de análise de confiabilidade humana. Com o método SPAR-H foi demonstrado tal importância, pois foram identificadas falhas humanas que comprometeram a produção e/ou serviço, representando um risco de segurança.

O que se observa nas empresas é que a abordagem acontece de forma tradicional e superficial, ou seja, é pautada em procedimentos, normas e instruções de trabalho não ocorrendo uma ligação de relevância quanto às formas de escolha e decisão dos trabalhadores frente à um cenário para executar uma determinada tarefa. O entendimento dos trabalhadores em relação ao que está acontecendo em torno deles seja no aspecto técnico das atividades, nível razoável de conhecimento, conhecimento dos riscos envolvidos, organização do trabalho e cronograma são relevantes para elevar a segurança e confiabilidade da produção e/ou serviço.

4) Robotização do processo de soldagem

O processo de soldagem de tubulações industriais são atividades de alta responsabilidade que requer um corpo técnico qualificado e com grande experiência no assunto. Quando tratamos de tubulações dentre as quais haja a passagem de fluidos inflamáveis (no caso desta dissertação o gás LP), a análise e o rigor técnico devem ser maiores, visto aos riscos envolvidos em casos de vazamentos.

Seres humanos estão propensos a erros, onde havendo um estudo de análise de confiabilidade humana em certas atividades fica mais evidente a constatação de que como estas falhas humanas podem gerar prejuízos e danos à sociedade e ao meio ambiente.

No estudo desta dissertação foi verificado que mesmo o soldador sendo um profissional experiente (7 anos de serviço) ocorreram falhas humanas. Devido o profissional não ter tido a concentração adequada em suas atividades alguns parâmetros correlatos ao processo de soldagem foram prejudicados, como a taxa de deposição de solda, velocidade na soldagem, forma de abertura do arco. Estes parâmetros básicos em um processo de soldagem impactam negativamente na qualidade e segurança na produção e/ou serviço.

É sugerido um estudo de viabilidade na utilização da robotização do processo de soldagem em virtude do sistema mecanizado desempenhar um processo de soldagem aquém do ser humano, havendo melhor ajuste de parâmetros de soldagem como corrente, angulação, velocidade de soldagem, etc.

5) Organização Funcional do Supervisor de Instalações

Dentro do contexto em estudo observou-se que o Supervisor de Instalação não possui uma estrutura para a tomada de decisões adequadas, o que faz com que haja uma fraqueza no sistema de forma a impactar significativamente no processo de instalação industrial para o gás LP. A tomada de decisões equivocadas pode ocasionar erros na execução da instalação industrial que podem ter efeitos negativos, quanto a vazamentos de gás e instalação fora dos padrões normativos. Este profissional gerencia um conjunto considerável de tarefas e gerencia certos conflitos junto ao cliente, fazendo com que os índices de probabilidade de erro humano em suas tarefas sejam altos.

Recomenda-se que em empreendimentos como o do estudo em questão (instalação de gás LP em uma usina de asfalto) haja a participação de mais um supervisor de forma a minimizar os impactos sofridos quanto ao estresse, pressões do cliente quanto ao prazo de entrega dos serviços e apoio na tomada de decisões.

É cabível que haja 02 supervisores de instalação, onde o 1º supervisor esteja focando as suas atividades na parte das instalações, verificando se a instalação está conforme os projetos, se os materiais que foram empregados estão adequados e dimensionados corretamente. Ou seja, o 1º supervisor estaria tratando com maior ênfase da parte de fiscalização da obra.

O novo supervisor sugerido nesta recomendação estaria tratando da parte administrativa, ajuste dos cronogramas e prazos, negociando todos os percalços detectados junto ao cliente, acompanhamento da chegada e entrega dos materiais e equipamentos. Ou seja, o 2º supervisor estaria trabalhando com maior ênfase na parte administrativa, onde ele seria uma interface mais próxima junto ao cliente para as tratativas especialmente de planejamento e coordenação da obra.

Havendo uma interação conjunta entre 02 supervisores em empreendimentos industriais faz com que as tarefas sejam mais bem distribuídas e realizadas, de forma que com 02 profissionais com experiência em instalações industriais faz com que o índice de probabilidade de erro humano seria reduzido.

Recomenda-se também que haja 01 assistente administrativo que apóie os 02 supervisores de instalação, de forma que os supervisores tenham um foco melhor em tarefas de maior responsabilidade.

A utilização de softwares que ajudem os supervisores a fazerem o acompanhamento, planejamento, fiscalização e ajustes de cronogramas de obra se faz necessária, porque com a utilização de programas adequados consegue-se consolidar dados importantes e identificar percalços durante a execução da instalação que podem comprometer o serviço final.

Recomenda-se também que haja um treinamento dedicado aos supervisores de instalação quanto à administração de conflitos, porque estes profissionais devem estar aptos a identificar os pontos críticos durante a instalação industrial de forma a gerenciar e administrar melhor a obra. É importante ressaltar que numa gestão de conflitos busca-se o bem estar do ambiente de trabalho e a redução do estresse, de forma a minimizar os impactos negativos que podem afetar na tomada de decisões.

8.1 PROPOSTA TRABALHOS FUTUROS

É recomendado que este trabalho tenha uma continuação, não parando por aqui, realizando-se uma análise de confiabilidade humana em outros métodos com objetivo de se criar um banco de dados suficiente para os estudos de ACH. A investigação e pesquisa de outros métodos de análise de confiabilidade humana poderá ser objetivo de trabalhos futuros.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, V. M.; LAMEIRA, A. P.; CONDE, E. Q.; JUNIOR, A. P.; UMILTÁ, C. C.; GAWRYSZEWSKI, L. G. **Memória de longo prazo modulada pela memória de curto prazo**, Niterói, 22 ago.2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/paideia/v18n40/10.pdf>>. Acesso em: 08 jan.2016.

AMALBERTI, R. **La conduite des systèmes à risques**. Paris: Presses Universitaires de France – Collection Le Travail Humain; 1996.

ANDERSON, J. C. **Cognitive Psychology and Its Implication**, Fourth Edition, San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1995.

ANSI Z49.1, **An American National Standard: Safety in Welding, Cutting and Allied Processes**, 2012.

ALMEIDA, I. M. **A gestão cognitiva da atividade e a análise de acidentes do trabalho**. Rev. Bras. Med. Trab., Belo Horizonte. Vol. 2, Nº 4, 275-282. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13523**: Central de Gás Liquefeito de Petróleo – GLP. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14024**: Central de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) – Sistema de abastecimento a granel – Procedimento operacional. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15358**: Rede de distribuição interna para gás combustível em instalações de uso não residencial de até 400 kPa – Projeto e Execução. Rio de Janeiro, 2014.

AVEN, T. **On how to define, understand and describe risk**. Reliability Engineering and System Safety, V. 95, 2010. 623-631 p.

BARBOSA, D. P. **A influência do fator humano nos cenários acidentais de uma refinaria de petróleo.** Dissertação apresentada ao curso de mestrado de sistemas de gestão da Universidade Federal Fluminense. 2009.

BEAR, M. F., CONNORS, B. W., PARADISO, M. A. (2002). Neurociências: **Desvendando o sistema nervoso (2a ed.)**. Porto Alegre: Artmed.

BERKENBROCK, P. E.; BASSANI, I. A. **Gestão do risco ocupacional: uma ferramenta em favor das organizações e dos colaboradores.** Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau, v.4, n.1, p.43-56, 2010.

BLOG GMPE GESTÃO DE MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **O que significa POP. Procedimento Operacional Padrão,** Rio de Janeiro. Disponível em <<https://gmpe.com.br/blog/o-que-significa-pop-procedimento-operacional-padrao-como-utilizar-e-quais-as-vantagens-para-minha-empresa--6.html> >. Acesso em: 06 jan.2016.

BRASIL. Lei nº 6514, de 22 de dezembro de 1977. Altera o Capítulo V da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Brasília, DF, 22. dez.1977. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6514.htm>. Acesso em: 28 dez.2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 01 – Disposições Gerais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Brasília, DF, 06. jul.1978. Disponível em: < <http://www.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR1.pdf>>. Acesso em: 29 dez.2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 04 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Brasília, DF, 06. jul.1978. Disponível em: < <http://www.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR4.pdf>>. Acesso em: 29 dez.2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 05 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.**

Brasília, DF, 06. jul.1978. Disponível em: <
<http://www.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR5.pdf>>. Acesso em: 29 dez.2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 13 – Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 06. jul.1978. Disponível em: <
<http://www.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR13.pdf>>. Acesso em: 29 dez.2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 20 – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 06. jul.1978. Disponível em: <
<http://www.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR18/NR20.pdf>>. Acesso em: 29 dez.2015.

CAMERON, I.; RAMAN, R. **Process Systems Risk Management**. Elsevier, San Diego. 2005

CARDOSO, J.; CORREA, C. **Análise e classificação dos fatores humanos nos acidentes industriais**. Produção v.17, nº 1, 186-198. 2007.

CONCAWE SAFETY MANAGEMENT GROUP. **Task Risk Assessment**, Brussels: Abr 1997.

EMBREY, D. E.; HUMPHREYS, P. C.; ROSA, E. A.; KIRWAN, B.; REA, K. **SLIM-MAUD: an Approach to Assessing Human Error Probabilities Using Structured Expert Judgment**. Report nº NUREG/CR-3518 (BNL-NUREG 51716), Department of Nuclear Energy, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY.1984.

EMBREY, D. **Performance Influencing Factors (PIFs)**. Human Reliability Associates Ltda. 2000.

FRANÇA, J. E. M. **Alocação de fatores humanos no gerenciamento de riscos de sistemas complexos offshore**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFRJ. 2014.

G1 GLOBO.COM. **Explosão causa destruição em apartamentos de São Conrado**, Rio de Janeiro, 18 mai.2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/05/explosao-causa-destruicao-em-apartamentos-de-sao-conrado-no-rio.html>>. Acesso em: 08 jan.2016.

G1 GLOBO.COM. **Forte explosão deixa feridos e destrói vários imóveis na Zona Norte do Rio**, Rio de Janeiro, 19 out.2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/10/explosao-ocorre-em-predio-da-zona-norte-do-rio.html>>. Acesso em: 08 jan.2016.

GERTMAN, D. I.; BLACKMAN, H. S. **Human Reliability and Safety Analysis Data Handbook**, New York, John Wiley Interscience, 1994.

GERTMAN, D. I. **Review of Findings for Human Performance Contribution to Risk in Operating Events**, NUREG/CR-6753, Washington, DC, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2002.

GONTIJO, L. A; MOTTER, A. A. **Análise ergonômica de uma ferramenta de trabalho no controle de tráfego aéreo: percepção dos operadores e contribuições para a carga de trabalho**. Revista Produção Online, v. 12, p. 856-875, 2012.

HAIMES, Y. Y. **On the Definition of Resilience in Systems**. V29 On Line Library: Risk Analysis. International Journal. 2009. 498-501 p.

HACKER, W. **Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten**, Berlin, Verlag der Wissenschaften, 1986.

HELENE, A. F.; XAVIER, G. F. **Memória e (a elaboração da) percepção, imaginação, inconsciente e consciência**. In J. Landeira-Fernandez & M. T. A. Silva (Orgs.), *Intersecções entre psicologia e neurociências* (pp. 103-148). Rio de Janeiro: MedBook.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.; LEVESON, N. **Resilience engineering: concepts and precepts**. 2005. Disponível em: <<http://ida.liu.se/~eriho/ResilienceEngineering/Index.htm>>. Acesso em: 08.jan.2016.

HEBEDA, M. A. F. P.; SANTOS, I. J. A. L. **Análise ergonômica do trabalho no centro de operações de energia de uma empresa brasileira de óleo, gás e energia**. Monografia UFF, Rio de Janeiro, 2012.

HOLLNAGEL, E. **Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)**. Oxford: Elsevier, 1998.

INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS ESTUDOS DE CASOS. **Caso 007: O Maior Acidente da Reduc**, Duque de Caxias, 30 mar.1972. Disponível em <<http://inspecaoequipto.blogspot.com.br/2013/05/caso-007-o-maior-acidente-da-reduc-1972.html>>. Acesso em: 12 jan.2016.

ISO, NORMA ISO 17776:2000. Petroleum and natural gas industries-Offshore production installations – Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment. 2000. Disponível em: <[HTTP://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=31534](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=31534)>

JUNIOR, J. M. L.; VALCARCEL, A. L.; DIAS, L. A. **Segurança e saúde no trabalho da construção: experiência brasileira e panorama internacional**, Brasília: OIT, mar.2005. Disponível em: < http://www.oit.org.pe/WDMS/bib/publ/doctrab/dt_200_port.pdf>. Acesso em: 08 jan.2016.

KIRWAN, B. **A Guide to Practical Human Reliability Assessment**. London: Taylor and Francis. 1994.

KIRWAN, B. **Incident reduction and risk migration**. Safety Science. Article in press. 2010.

LABORATÓRIO DE UTILIDADE DE INFORMÁTICA. Hiperdocumento. **Tarefa e Atividade**, Rio de Janeiro. Disponível em < http://www.labiutil.inf.ufsc.br/hiperdocumento/unidade2_1_2.html >. Acesso em: 06 jan.2016.

LEHFELD, N. A. S.; BARROS, A. J. P. Projeto de pesquisa: propostas metodológicas. Petrópolis/RJ: Vozes, 1991.

LIMA, J. E.; TORRES, G. C. F.; FELIZARDO, I.; FILHO, F. A. R.; BRACARENSE, A. Q. **Robotização e otimização do processo de soldagem orbital de tubos**. VIII Seminário de Automação de Processos, Belo Horizonte. 2004.

LORENZO, D. K. **Um guia do gerente para redução de erros humanos: melhorando o desempenho humano nos processos industriais**. Washington, DC: EQE, International INC. 2001.

LUQUETTI, I. J. A.; CARVALHO, P. V. R.; GRECCO, C. H. **Human Reliability Analysis of Control Room Operators**. In: Proceedings of the Rio Pipeline International Conference, Rio de Janeiro, Brazil. 2005.

MEDIN, D. L.; ROSS, B. H. **Cognitive Psychology**, 2nd Edition, New York, Harcourt Brace, 1996.

MEISTER, D. **Human Factors in Reliability**. New York, Mc Graw Hill. 1990.

MENEZES, M. L. A. **Avaliação das condições de trabalho no setor industrial: uma abordagem centrada na ergonomia**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFRJ. 2014.

NASCIMENTO, C. S. **Aplicação da metodologia FUZZY na quantificação da probabilidade de erro humano em instalações nucleares**. Dissertação apresentada como

parte do requisito para obtenção do grau de mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – reatores. 2010.

NETO, M. F. **Contribuição da confiabilidade humana na segurança do trabalho: O processo de recuperação de um cais**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFRJ. 2012.

NUREG 0711, revision 1. **Human Factors Engineering Program Review Model**. US Nuclear Regulatory Commission, 2002.

NUREG 1278. **Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications final report**. U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 1983.

NUREG 1624, Rev. 1. **Technical basis and implementation guidelines for a technique for human event analysis**. U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2000.

NUREG 1792, Rev. 1. **Good Practices for implementing human reliability analysis**. U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2005.

NUREG 1842, Rev. 1. **Evaluation of human reliability analysis methods against good practices**. U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2006.

NUREG 1880. **ATHEANA user's guide, final report**. U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2007.

NUREG 6350. **A Technique for Human Error Analysis (ATHEANA)**. U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 1996.

NUREG 6883. **The SPAR-H human reliability analysis method**. U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2005.

OLIVEIRA, M. V. **Confiabilidade humana aplicada no processo de retirada de emergência em um terminal petrolífero aquaviário**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFRJ. 2012.

OHSAS 18001:2007. **Sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho: requisitos**. São Paulo: Risk tecnologia, 2007.

PRISM. PRISM Project. European Union, 2004. Disponível em: <<http://www.prismaproject.eu/index.php/pt/>>

PROCESS SAFETY BEACON. **Há trinta anos uma tragédia com GLP**, México, 19 nov.1984. Disponível em: < <http://sache.org/beacon/files/2014/11/pt-br/read/2014-11-Beacon-Portuguese%20Brazil-s.pdf> >. Acesso em: 08 jan.2016.

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

REASON, P. **Three approaches to participative inquiry**. In Denzin, N. K and Lincoln, Y.S. (Eds), *Handbook of Qualitative Research*, Sage, Thousand Oaks, CA. 1994.

REALE, M. J. **Teoria do delito**. Revista dos Tribunais, 2000. 281 p.

RICHARD, B. B. **Understanding Internally Generated Risks in Projects**. International Journal of Project Management, Vol. 23, N.8, 2005, 584-590 p.

RIGHI, A. W. **OHSAS 18001 - Saúde e Segurança Ocupacional**, Rio Grande do Sul. Disponível em < http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/502_aula_10.pdf >. Acesso em: 04 jan.2016.

ROCHA, R. M. **Gerenciamento de Riscos: uma abordagem de processos e práticas para aplicação junto às empreiteiras de obras públicas de infra-estrutura urbana no município de São Paulo**. Dissertação Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil. 2005.

RONALD, L. B.; BLACKMAN, H. S. **The origins of the SPAR-H method's performance shaping factors multipliers**. Idaho National Laboratory, Idaho Falls, Idaho, USA. 2007.

ROTH, C. W. **Curso técnico em automação industrial: Qualidade e Produtividade - 3 ed.** – Santa Maria : Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011.

SANTOS, N. **Antropotecnologia: A ergonomia dos sistemas de produção**. 1ª edição. Curitiba. Editora Genensis. 1997.

SANTOS, I. J. A. L.; CARVALHO, P. V. R.; GRECCO, C. H. S. **Metodologia para identificação dos fatores que afetam o desempenho dos responsáveis pela retirada dos trabalhadores de instalações industriais, em situações de emergência**. In: XV Simpósio de Engenharia de Produção, 2008, Bauru / São Paulo. XV Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru: UNESP / Bauru. v. 1. 2008.

SANTOS, I. J. A. L.; OLIVEIRA, M. M. P.; OLIVEIRA, M. V. **Uso da ferramenta FMEA (análise dos modos de falhas e seus efeitos) na identificação dos fatores que afetam o desempenho humano, durante o processo de retirada de emergência**. In: IX Simpósio Internacional de Confiabilidade. Fortaleza. Anais do IX Simpósio Internacional de Confiabilidade Humana. São Paulo: Reliasoft do Brasil. V1. 2011.

SCHMITT, E. M. **Análise de conseqüências de uma explosão tipo BLEVE de um caminhão autotanque de GLP tipo "BOBTAIL"**. Monografia submetida ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFRGS. Porto Alegre, 2009.

SICILIANO, R. **Análise dos fatores organizacionais que influenciam a percepção de risco a uma tomada de decisão gerencial**. In: Estudo de caso. Dissertação de mestrado em sistema de gestão, UFF. Niterói. 2008.

SOUZA, F. P. S.; FIRMINO, P. R. A.; DROGUETT, E. L. **A análise confiabilidade humana: uma revisão comentada da literatura**. XLIISBPO. Bento Gonçalves,RS, 2010.

SWAIN, A. D.; GUTTMANN, H. E. **Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications**. Sandia National Laboratories. 1983.

TOLEDO, J. C; AMARAL, D. C. **Apostila (texto básico) sobre FMEA**. GEPEQ. São Carlos, SP, 2006.

VEYRET, Y. **Os Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto. 2007.

VIDAL, M. C. **Ergonomia na empresa: útil, prática e aplicada**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Virtual Científica, 2002.

VIDAL, M. C. **Guia para Análise Ergonômica do Trabalho (AET) na empresa: Uma metodologia realista, ordenada e sistematizada**. Rio de Janeiro: Ed. Virtual Científica, 2003.

WILSON, R.; CROUCH, E. A. C. **Risk-Benefit Analysis: Second Edition**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts: World Wide Web, 2001. 400 p.

WISNER, A. **A inteligência no Trabalho: Textos selecionados de ergonomia**. 1ª edição, São Paulo: Fundacentro, 1993.

ANEXOS

ANEXO A – ANÁLISE DE RISCO DO SOLDADOR

ANEXO A - ANÁLISE DE RISCO							FUNÇÃO: SOLDADOR			
SITUAÇÕES DE RISCOS/CAUSAS				SEVERIDADE		CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS		LEGENDA		
1-Apisonamento do corpo ou partes ("entre" ou "sobre")	14-Contato com partes Quentes/frias	27-Radiações Ionizantes	40-Espaço e circulação restrito	0 - Sem lesões/Sem danos/Sem efeito/Sem impacto 1 - Lesões leves/Danos leves/Efeitos leves/Impacto leve 2 - Lesões moderadas/Danos moderados/Impacto moderado 3 - Lesões moderadas/Danos moderados/Impacto moderado/Industrial/Efeitos severos localizados/Impacto regional 4 - Lesões graves ou mortes/Perda instalação Industrial/Efeitos severos em áreas sensíveis/Impacto nacional	Severidade	Probabilidade ocorrência erros humanos (%)	Classificação	RMA	Risco Muito Alto (RMA) - Não tolerável	
2-Corpo estranho "no olho"	15-Cont. de superfície perigosa cortante	28-Radiações Não Ionizantes	41-Projeção de Fagulhas/partículas							
3-Colisão entre veículos/equipamentos	16-Cont. partes móveis ou rotativas	29-Exposição à vapores / névoas	42-Pirometria/Wolter prov. por (buidos sob pressão (Ar, água, óleo							
4-Balida contra estruturas/equipamentos	17-Contato com óleos e graxas	30-Exposição à poeira/particulado	43-Carga suspensa							
5-Atropel. ou abaloamento veículos/egros	18-Agressão humana	31-Exp. Ag. biológicos (fungo, vírus, etc.)	44-Baixa/Alta conc. de Orogênio							
6-Tombamento (Equipos moveis e Mov. Cargas)	19-Ataque/Picada de animais	32-Exposição à umidade	45-Trabalho em Espaço confinado							
7-Queda de pessoa(s) na água ou mar	20-Esforço físico intenso	33-Subst. compostos ou prod. químicos	46-Vazamento, derramamento							
8-Naufrágio de embarcações	21-Posição ou postura inadequada	34-temperaturas (nevoeiros/chuva/ventos)	47-Contaminação(água, solo e ar)							
9-Biorruína/Doenças descompressivas	22-Fadiga/Sonolência/Cansaço	35-Descargas atmosféricas	48-Incêndio/Explosão							
10-Lesões/traque de animais marinhos	23-Ventilação inadequada	36-Iluminacia Deficiente ou falta	49-Poeira explosiva							
11-Esvaço passado por redes ou outros objetos	24-Exposição à vibração	37-Queda de escorregão/rolo/peço	50-Líquidos, gases comb. e inflamáveis							
12-Vazamento da mangueira de suprimento de ar	25-Exposição à fluido	38-Queda de pessoa o.dif.nível	51-Soterramento/Desmoronamento							
13-Queda do veículo/egros: na água/mar	26-Fumos metálicos	39-Falta de ordem e limpeza	52-Engolfamento							
ITEM	PASSOS DA TAREFA	SITUAÇÕES DE RISCOS	CAUSAS/DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS DE RISCOS	SEVERIDADE	CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS	MEDIDAS DE CONTROLE				
TA	Realizar leitura e interpretação dos desenhos técnicos para efetuar corretamente a soldagem	22 Fadiga/Sonolência/Cansaço	Interpretar equivocadamente os símbolos, cotas e representações gráficas	2	Lesões moderadas, danos em sistema, efeitos moderados, impacto limitado	4	2	RM	Somente pessoas capacitadas estarão participando das atividades.	
TB	Cortar, lixar, pontilhar peças metálicas	14 Contato com partes Quentes/frias	Queda de materiais no chão, posição inadequada no momento de realizar os serviços, contato com o equipamento de solda	3	Lesões gravidade moderada, danos na instalação industrial, severos com efeito localizado, impacto regional	20	3	RA	Isolar o local de trabalho com fita zebraada. Usar os EPI's (capacete de segurança, óculos de segurança, luva de segurança, etc). Verificar se a posição de trabalho é a mais adequada. Executar o serviço de forma tranquila analisando as condições do local para o trabalho seguro	
TC	Soldar e realizar a verificação visual das soldas bem como o dimensional de peças	14 Contato com partes Quentes/frias	Queda de materiais no chão, posição inadequada no momento de realizar os serviços, contato com o equipamento de solda	3	Lesões gravidade moderada, danos na instalação industrial, severos com efeito localizado, impacto regional	50	3	RA	Utilizar o cronograma de obra para entendimento das tarefas quanto ao prazo de execução. Descanso em períodos a combinar com o supervisor para redução da fadiga. Realizar a atividade de forma segura e na postura adequada, analisando as condições do local.	

ANEXO B – ANÁLISE DE RISCO DO SUPERVISOR DE INSTALAÇÃO

ANEXO A - ANÁLISE DE RISCO							FUNÇÃO: SUPERVISOR							
SITUAÇÕES DE RISCOS/CAUSAS				SEVERIDADE		CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS		LEGENDA						
1-Agrisoção, aprensamento do corpo ou partes ("entre" ou "sobre")	14-Contato com partes Quentes/frias	27-Radiações Ionizantes	40-Espaço e circulação restrito	0 - Sem lesões/Sem dano/Sem efeito/Sem impacto leve	1 - Lesões leves/Danos leves/Efeitos leves/Impacto leve	2 - Lesões moderadas/Danos moderados/Impacto moderado	3 - Lesões moderadas/Danos moderados/Impacto moderado	4 - Lesões graves ou mortes/Perda de instalação industrial/Efeitos severos em áreas sensíveis/Impacto nacional	Probabilidade ocorrência erros humanos (%)	Severidade	Classificação	RMA	Risco Muito Alto (RMA) - Não tolerável	
2-Corpo estranho "no olho"	15-Cont. of superfície perfuro cortante	28-Radiações Não Ionizantes	41-Projeção de Fagulhas/partículas									53-Proj. de mat. efou objetos	RA	Risco Alto (RA) - Incorporar medidas de redução risco
3-Colisão entre veículos/equipamentos	16-Cont. partes móveis ou rotativas	29-Exposição à vapores / névoas	42-Pompe/colocação provoca. por (tidos sob pressão (ar, água, óleo)									54-Choque eletr., arco voltaico	RM	Risco Médio (RM)
4-Batida contra estruturas/equipamentos	17-Contato com óleos e graxas	30-Exposição à poeira/particulado	43-Carga suspensa									55-Fenômenos da natureza	RB	Risco Baixo (RB)
5-Atropel. ou abaloamento veículos/eqptos	18-Agressão humana	31-Exp. Ag. biológicos (fungo, vírus, etc.)	44-Baixa/Alta conc. de O2/gênio									56-Fator pessoal	RMB	Risco Muito Baixo (RMB)
6-Tombamento (Eqptos moveis e Mov. Cargas)	19-Ataque/Ficada de animais	32-Exposição à umidade	45-Trabalho em Espaço confinado									de inseg. (saúde, físico e mental)		
7-Queda de pessoa(s) na água ou mar	20-Esforço físico intenso	33-Subst. compostos ou prod. químicos	46-Vacamento, derramamento									48-Incêndio/Explosão		
8-Naufrágio de embarcações	21-Posição ou postura inadequada	34-Intempéries (nevoeiros/chuva, ventos)	47-Contaminação (água, solo e ar)									49-Poeira explosiva		
9-Barotrauma/Doenças descompressivas	22-Fadiga/Sonolência/Cansaço	35-Descargas atmosféricas	48-Incêndio/Explosão									50-Líquidos, gases comb. e inflamáveis		
10-Lesões/ataque de animais marinhos	23-Ventilação inadequada	36-Iluminação Deficiente ou falta	49-Poeira explosiva									51-Soterramento/Desmoronamento		
11-Enrosco causado por redes ou outros objetos	24-Exposição à vibração	37-Queda de peça ou objeto	50-Líquidos, gases comb. e inflamáveis									52-Engolfamento		
12-Vazamento da mangueira de suprimento de ar	25-Exposição à Ruído	38-Queda de pessoa a dif. nível	51-Soterramento/Desmoronamento									(*) preenchimento facultativo		
13-Queda do veículo/eqptos. na água/mar	26-Fumos metálicos	39-Falta de ordem e limpeza	52-Engolfamento											
ITEM	PASSOS DA TAREFA	SITUAÇÕES DE RISCOS	CAUSAS/DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS DE RISCOS	SEVERIDADE	CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS	MEDIDAS DE CONTROLE								
TA	Coordenar, planejar e monitorar as ações a serem implementadas em relação aos serviços e atividades a serem desenvolvidos	22 Fadiga/Sonolência/Cansaço	Tomada de decisões equivocadas	2	Lesões moderadas, danos em sistemas, efeitos moderados, impacto limitado	83 2 RA Utilizar o cronograma de obra para entendimento das tarefas quanto ao prazo de execução. Negociar junto ao cliente os prazos que por ventura venham a estar fora do cronograma proposto								
TB	Coordenar a logística das equipes de montagem	22 Fadiga/Sonolência/Cansaço	Tomada de decisões equivocadas	1	Lesões leves, sem afastamento, danos leves, efeitos leves, impacto leve	80 1 RB Utilizar o cronograma de obra para entendimento das tarefas quanto ao prazo de execução. Negociar junto ao cliente os prazos que por ventura venham a estar fora do cronograma proposto								

ANEXO C – PROCEDIMENTO PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE

ENSAIO DE ESTANQUEIDADE EM TUBULAÇÕES				Nº DO DOC: PT.RIO.MAN-00
ELABORADO POR: Marcio Magalhães	APROVADO POR: Isaac Luquetti / Renato Alves	DATA: 09/11/2015	REVISÃO: 00	PÁG: 1/3

1) OBJETIVO

Este Procedimento de Trabalho estabelece as diretrizes para a execução de ensaio de estanqueidade em redes e centrais de gás LP, visando detectar possíveis vazamentos na rede a pressões de operação conforme disposições da ABNT NBR 15358.

2) PREMISSA DO PROCEDIMENTO

Este Procedimento de Trabalho tem como premissa criar uma padronização inicial para a execução dos testes de estanqueidade nas instalações industriais para o gás LP, assegurando que não haja vazamentos em conexões, válvulas e acessórios diversos que venham a comprometer a integridade e segurança da planta industrial.

3) CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplica-se a todas as instalações de centrais e redes de distribuição internas para gases combustíveis em clientes residenciais, comerciais e industriais de gás LP.

4) RESPONSABILIDADE

Departamento de Instalações Industriais

5) AÇÕES DO PROCEDIMENTO

5.1) O ensaio de estanqueidade não deve ser iniciado sem uma inspeção visual dos componentes da central e, particularmente, das juntas e conexões, para se detectar previamente qualquer tipo de defeito durante sua execução;

5.2) O ensaio deve ser realizado com ar comprimido ou gás inerte, após a montagem da rede e com ela ainda exposta, podendo ser realizado por partes ou em toda sua extensão, sob pressão de no mínimo 1,5 vezes a pressão de trabalho máxima admitida;

5.3) Deve ser assegurado que todos os componentes, como válvulas, tubos e acessórios, resistam a pressão de ensaio;

5.4) O ensaio de estanqueidade é realizado em sua 1ª fase até o regulador de 1º estágio e posteriormente entre o regulador de 1º estágio e o regulador de 2º estágio;

5.5) No caso de tubulação enterrada, a mesma deverá ser testada antes do seu envelopamento;

5.6) Deve ser utilizado instrumento de medição de pressão calibrado de forma a garantir que a pressão a ser medida encontra-se entre 20% a 80% de seu fundo de escala graduada em divisões não maiores que 1% do final da escala;

5.7) Deve ser emitido laudo de ensaio após a sua finalização;

5.8) Todas as válvulas dentro da área de prova devem ser testadas na posição aberta, colocando nas extremidades livres em comunicação com a atmosfera um bujão para terminais com rosca ou um flange cego para terminais não roscados;

5.9) Pressurizar o trecho de tubulação com ar comprimido ou o gás inerte até atingir, no mínimo:

- Rede de alimentação = 17,00 kgf/cm²;
- Rede primária = 2,25 kgf/cm² em redes residenciais comerciais e 6,00 kgf/cm² em redes de clientes industriais;
- Rede secundária = 2,25 kgf/cm²

5.10) A pressão deve ser aumentada gradualmente em faixas de não superiores 10% da pressão de ensaio, dando um tempo necessário para estabilizar a pressão;

5.11) Deve ser considerado um tempo adicional de 15 minutos para estabilizar a pressão do sistema em função da temperatura e pressão atmosférica;

5.12) A pressão deve ser verificada durante todo o período de ensaio;

5.13) Se for observada uma diminuição de pressão de ensaio o vazamento deve ser localizado e reparado e as etapas do ensaio realizadas terão que ser obrigatoriamente repetidas;

5.14) Não havendo variação da pressão durante aproximadamente 02 horas, considera-se a tubulação estanque e aprovada;

FORMULÁRIO - LAUDO DE TESTE DE ESTANQUEIDADE CERTIFICADO DE INSPEÇÃO		DATA:
CLIENTE: ENDEREÇO:		
CIDADE: DESCRIÇÃO DA OBRA:		ESTADO:
ENSAIO	FLUIDO DE ENSAIO: ÁGUA () NITROGÊNIO () FLUIDO DE TRABALHO: GLP	
		
DE	Rede de Distribuição BITOLA / MATERIAL :	
	RESULTADO: () APROVADO () REPROVADO	
	PRESSÃO DE ENSAIO INICIAL: kgf/cm ² FINAL: kgf/cm ²	
	TEMPO DE ENSAIO INÍCIO: hs TÉRMINO: hs	
		
PRESSÃO		
RESPONSABILIDADE TÉCNICA Declaro como responsável pela inspeção que as instalações foram submetidas ao teste de estanqueidade, dentro dos padrões técnicos estabelecidos, não constando anormalidades.		
Nome: _____ RG: _____ Função: _____		
Eng ^o Responsável: _____		
RESP. PELO ACOMP. DO ENSAIO: (Nome legível) (Data) (Cliente)		

ANEXO D – PROCEDIMENTO PARA SOLDAGEM

SEGURANÇA EM SOLDAGEM E CORTE				Nº DO DOC: PT.RIO.MBN-00
ELABORADOR POR: Marcio Magalhães	APROVADOR POR: Isaac Luquetti / Renato Alves	DATA: 09/11/2015	REVISÃO: 00	PÁG: 1/3

1. OBJETIVO

Esta norma estabelece práticas operacionais seguras para a soldagem, corte e outros processos relacionados, conforme disposições da norma ANSI Z49.1. Foi realizada uma adaptação da norma ANSI Z49.1 para o desenvolvimento deste procedimento, visto que a empresa que realizou a instalação para o gás LP não possui um procedimento de soldagem.

2. ESCOPO

Este procedimento aplica-se às operações de solda e corte executadas pelos empregados e contratados da empresa.

Cabe à gerência do local, a responsabilidade pela aplicação e pela conformidade com as normas estabelecidas. No local da soldagem, todos os empregados são responsáveis pela sua segurança pessoal quando estão executando a solda.

3. PREMISSA DO PROCEDIMENTO

Este Procedimento de Trabalho tem como premissa criar uma padronização inicial para a execução dos serviços de soldagem nas instalações industriais para o gás LP, assegurando que não haja vazamentos em conexões, válvulas e retrabalhos venham a comprometer a integridade e segurança da planta industrial.

Com este procedimento busca-se obter soldas de qualidade e que o profissional possa ter informações básicas para o ajuste correto dos parâmetros técnicos e boas práticas de soldagem.

4. REQUISITOS GERAIS

Os trabalhos a quente devem ser executados de acordo com os procedimentos de Permissão de Trabalho Seguro.

Ordem e limpeza é uma parte importante do programa de prevenção contra incêndio, na medida em que se referem às operações de solda e corte. As áreas de trabalho específicas para soldagem, devem ser livres de poeira, papel, madeira, resíduos e outros materiais combustíveis.

Devem ser usados equipamentos de proteção individual adequados. A máscara de segurança para o processo de soldagem deve ser equipada com lentes de filtragem corretas. A tonalidade das lentes deve ser selecionada com base na amperagem que está sendo usada.

Antes da combustão, solda, solda branca e corte com maçarico, os empregados devem ser adequadamente treinados nos equipamentos para a soldagem a oxiacetileno e na manipulação dos cilindros.

Os operadores devem reportar qualquer defeito no equipamento ou risco de segurança e descontinuar o uso do mesmo até que sua segurança seja garantida. Reparos devem ser feitos apenas por profissional qualificado.

5. AÇÕES DO PROCEDIMENTO

5.1 SEGURANÇA DA SOLDAGEM

Todas as operações devem ser executadas de acordo com os procedimentos da Permissão de Trabalho a Quente.

5.2 ORDEM E LIMPEZA

- Qualquer material combustível deve ser colocado pelo menos a dez metros (35 pés) do local da soldagem, sempre que possível.

- Se a peça a ser soldada e o material combustível não puderem ser deslocados, então deve ser usada uma manta à prova de fogo ou de outro material deste tipo, como proteção para evitar uma combustão acidental.
- As áreas onde estão armazenados os combustíveis devem ser protegidas contra buracos, trincas, ralos no piso e nas outras aberturas, para evitar que fagulhas e escórias possam iniciar um incêndio.
- As áreas de soldagem devem ser isoladas por cortinas à prova de fogo ou por protetores transparentes e escurecidos, sempre que possível.
- Durante as operações de soldagem, o material de enchimento e tocos de eletrodos devem ser coletados num recipiente e descartados adequadamente no final do turno de trabalho.
- As áreas de soldagem devem ser mantidas livres de entulho, madeira e outros materiais combustíveis.
- Os empregados devem saber onde estão localizados os equipamentos para a extinção de incêndio e como usá-los. Extintores de incêndio devem estar localizados bem próximos às áreas de trabalho.
- A área de soldagem deve ser adequadamente ventilada.
- Se o objeto a ser soldado/cortado não puder ser removido prontamente, tudo que causa risco de incêndio e puder ser deslocado, deve ser removido.
- Se o risco de incêndio não puder ser levado a um espaço seguro ou não puder usar protetores para confinar o calor, faíscas, escórias em proteger os objetos com risco de incêndio, a soldagem e corte não devem ser realizadas.

5.3 EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI) DO SOLDADOR

Devem ser fornecidos, no mínimo, os seguintes equipamentos de proteção individual para os diversos processos de corte e solda. Os equipamentos de proteção individual devem ser adequados para cada processo de soldagem.

- Calçado de segurança/botas com biqueira de aço para proteger os pés e dedos.
- Óculos de segurança usados sob a máscara de solda.
- Devem ser usadas lentes de filtragem corretas no visor da máscara de solda. A tonalidade da lente deve ser selecionada com base na amperagem que está sendo usada..
- Também deve ser usado o EPI adequado para o ajustador ou para os outros empregados que trabalham perto do soldador.
- A avaliação de risco à saúde deve ser consultada como guia em relação a necessidade de adicionar proteção respiratória para soldagem e corte de metais tóxicos. Adicional proteção auricular pode ser aconselhado para certos tipos de solda elétrica.
- Outros profissionais na área de soldagem devem usar proteção adequada aos olhos.

5.4 SEGURANÇA PARA A OPERAÇÃO DE SOLDA ELÉTRICA

5.4.1 SEGURANÇA DO EQUIPAMENTO ELÉTRICO

- O equipamento deve ser desligado quando não está em uso.
- Não devem ser feitos reparos elétricos provisórios no equipamento de solda. O equipamento danificado deve ser retirado de serviço, etiquetado e entregue a um técnico em reparos.
- Antes de começar qualquer solda, todas as ligações elétricas devem ser inspecionadas, para assegurar que não há danos no isolamento.

- As entradas de energia elétrica devem ser equipadas com disjuntores que permitem o desligamento imediato da corrente elétrica, em caso de emergência.
- A máquina de solda não deve ser desligada se a fonte de energia está ligada.
- Porta-eletrodos, maçaricos e pistolas de GMAW (solda de arco metálico à gás) devem ser armazenados onde não há probabilidade de contato com empregados, materiais condutores e cilindros de gás comprimido.
- Os eletrodos devem ser removidos do porta-eletrodos, se não estiverem sendo usados.
- Não é permitido mudar a chave de polaridade, quando o sistema está sob carga.
- Nunca se deve ajustar a amperagem, quando o sistema está sob carga.

5.4.2 ATERRAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

- Estruturas de construção, tubulação contendo gases inflamáveis, linhas e reservatórios de pressão e conduítes de cabos elétricos não devem ser usados nos aterramentos.
- Não é permitido usar material alternativo para substituir os cabos de aterramento comuns nas soldagens.
- O uso de extensões do cabo terra deve ser avaliado pelo pessoal qualificado e experiente e evitado tanto quanto possível.
- Os cabos de aterramento devem se conectados diretamente ao solo. Não são permitidas conexões indiretas das garras ao terra.
- Deve haver uma ligação ao terra o mais próximo possível do equipamento que está operando. Tinta e oxidação devem ser removidos antes de o terra ser ligado. Se for possível, o cabo terra

deve ser diretamente ligado à peça (junta soldada) dentro de 304 mm (12 polegadas) da área que está sendo soldada.

- As ligações de aterramento nunca devem ser removidas, enquanto a soldagem está em progresso.

5.4.3 CABOS DE SOLDA

- Antes de iniciar qualquer solda, todos os cabos da solda devem ser inspecionados para verificar se há danos no isolamento e se há equipamentos soltos e com defeito.
- Os cabos de solda devem ser mantidos limpos e livres de óleo, água e graxa.
- Cabos e mangueiras dispostos no piso e no solo de áreas de tráfego, devem ser protegidos contra esmagamento. Os cabos elétricos devem ser os mais curtos possíveis. Se necessário, devem ser usados conduítes de plástico embutindo os fios.

5.4.4 TREINAMENTO DE SEGURANÇA PARA OS CILINDROS

Antes da combustão, solda e corte, o pessoal deve ser adequadamente instruído em práticas seguras para os equipamentos de solda oxiacetilênica e para a manipulação de cilindros.

5.4.5 USO SEGURO DE CILINDROS

- Os cilindros devem ser fixados na posição vertical para evitar tombamento.
- Nunca os empregados devem manipular os cilindros com displicência ou deixa-los cair no chão.
- Fagulhas e chamas devem ser mantidas longe dos cilindros.

- A chama e o eletrodo nunca devem entrar em contato com o cilindro e com a válvula de cilindro.
- Os cilindros não devem ser repintados e nem sua etiqueta alterada.
- Os cilindros nunca devem ser usados sem um regulador. O regulador deve ser aprovado para uso com gás. Os reguladores não podem ser usados com todos os gases.
- Os carrinhos para o transporte de cilindros devem ser usados para transportar os cilindros de gás para a soldagem.
- Os cilindros não devem ser repintados e as etiquetas não devem ser mudadas.

5.4.6 ABRIR A VÁLVULA DO CILINDRO

- Martelos e chaves inglesas são proibidos para abrir válvulas de cilindros. Apenas chaves aprovadas para este uso nos cilindros podem ser usadas para abrir as válvulas dos cilindros.
- Os empregados devem ficar ao lado de um regulador, quando estiverem fazendo ajustes ou abrindo os cilindros.
- A chave que é usada para abrir os cilindros, deve ser mantida no cilindro de acetileno depois de aberta a válvula.
- Depois de instalado o regulador e antes de abrir a válvula do cilindro, o parafuso de ajustagem do regulador deve ser fechado. A válvula do cilindro pode ser aberta lentamente nessa ocasião, se a saída da válvula e os manômetros estiverem apontados para longe dos empregados.

5.4.7 PRECAUÇÕES COM OXIGÊNIO E ACETILENO

- O oxigênio nunca deve ser usado como substituto do ar comprimido.

- O acetileno nunca deve ser colocado na mangueira de solda/corte em pressão que exceda 15 psig.
- As válvulas do cilindro de acetileno não devem ser abertas mais do que 1½ volta. É preferível ¾ de uma volta.
- Os cilindros de acetileno/oxigênio devem ter dispositivos de segurança para limitar a sobrepressão, uma válvula corta-chama instalada na saída do regulador e uma válvula de retenção na entrada da Maçarico. É preferível uma válvula corta-chama instalada no cabo do maçarico. (Algumas Maçaricos são equipadas com válvulas de retenção e estas válvulas são substitutos aceitáveis para as válvulas de retenção instaladas em série)

5.4.8 MANUTENÇÃO DAS MANGUEIRAS

- As mangueiras, válvulas da Maçarico, conexões e mangueiras danificadas por escoamento, abrasão e desgaste, devem ser substituídas.
- As mangueiras que ficam ao nível do solo devem ser protegidas, para não serem esmagadas. Os conduítes devem ser mantidos o mais curtos possível.
- As mangueiras das Maçaricos devem ser mantidas limpas e livres de óleo, água e graxa.
- As mangueiras da Maçarico não devem ser fixadas juntas.

5.4.9 TAREFAS PARA A SEGURANÇA DO CILINDRO

Depois de cada operação e no final de cada turno:

1. Todas as válvulas do cilindro devem ser fechadas.
2. Os cabos da Maçarico devem girar no sentido anti-horário até que a pressão chegue a zero.
3. A mangueira deverão ser despressurizadas.

5.5 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

- Os equipamentos de soldagem e de corte devem ser submetidos a um programa de manutenção preventiva regular.
- O programa de manutenção preventiva deve incluir a cuidadosa inspeção de todos os equipamentos de soldagem e de proteção individual, tais como:
 1. Máquinas de soldagem
 2. Cabos de solda
 3. Cabos elétricos
 4. Óculos de segurança para a proteção dos olhos
 5. Capacetes de segurança para a proteção da cabeça/pescoço
- As inspeções visuais nos equipamentos de solda e corte devem ser realizadas antes do uso.
- O programa de manutenção preventiva regular deve ser realizado e documentado pelo menos uma vez por ano, ou mais freqüentemente, se o processo for usado rotineiramente.

APÊNDICE

APÊNDICE - DESCRIÇÃO DE CENÁRIOS ADVERSOS

Introdução

Os impactos gerados por acidentes decorrentes por vazamentos de gás LP são devastadores, onde devemos reconhecer que este gás é perigoso, pois tudo que contém energia é potencialmente perigoso. O gás LP apresenta risco de asfixia, incêndio e explosão.

Convencidos do risco potencial, devemos conhecer as características do produto, as recomendações e normas existentes para o seu manuseio e execução dos projetos e instalações industriais.

Os impactos causados por vazamentos de gás serão aqui ilustrados por 04 (quatro) casos de acidentes que ocorreram, com o intuito de salientar a importância em se executar as atividades de instalações industriais de forma segura, onde o estudo da Análise de Confiabilidade Humana (ACH) se torna bastante pertinente.

Acidentes Ocorridos por vazamento de gás LP

1º Caso: Explosão em São Cristóvão

Uma forte explosão no bairro de São Cristóvão, na Zona Norte do Rio de Janeiro, destruiu imóveis comerciais e residenciais na madrugada de 19/10/15. Ao menos 8 feridos foram retirados dos escombros. Ao todo, 40 imóveis foram afetados, segundo o subsecretário municipal de Defesa Civil, Márcio Motta. Entre eles estão dois restaurantes e uma farmácia, que seriam o foco da explosão. Bombeiros suspeitam de vazamento de gás. Ainda segundo a Defesa Civil do Rio, 14 imóveis foram totalmente destruídos após a explosão. (G1 GLOBO.COM. Forte explosão deixa feridos e destrói vários imóveis na Zona Norte do Rio, Rio de Janeiro, 19 out.2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/10/explosao-ocorre-em-predio-da-zona-norte-do-rio.html>>. Acesso em: 08 jan.2016.)

A explosão fez com que centenas de moradores deixassem seus imóveis, com medo de novas explosões e desabamentos. A força do deslocamento de ar chegou a quebrar vidros de muitos imóveis vizinhos. (G1 GLOBO.COM. Forte explosão deixa feridos e destrói vários imóveis na Zona Norte do Rio, Rio de Janeiro, 19 out.2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/10/explosao-ocorre-em-predio-da-zona-norte-do-rio.html> >. Acesso em: 08 jan.2016.)

A maioria dos imóveis vizinhos foi atingida em função do forte deslocamento de ar. Portas foram arrancadas, janelas quebradas e destroços arremessados a uma grande distância. Apartamentos em edifícios que ficam a cerca de 400 metros de distância dos imóveis que explodiram, ficaram com as janelas quebradas. Segundo testemunhas na região, o cheiro de gás era muito forte. (G1 GLOBO.COM. Forte explosão deixa feridos e destrói vários imóveis na Zona Norte do Rio, Rio de Janeiro, 19 out.2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/10/explosao-ocorre-em-predio-da-zona-norte-do-rio.html> >. Acesso em: 08 jan.2016.)

2º Caso: Explosão em São Conrado

A explosão no apartamento em São Conrado ocorrida em 18/05/2015, Zona Sul do Rio de Janeiro foi causada por um acidente em uma instalação de gás da cozinha. O problema teria acontecido na peça conhecida como rabicho. Vários apartamentos foram danificados e quatro pessoas ficaram feridas — uma foi encaminhada para o hospital Miguel Couto, no Leblon, na Zona Sul, e três atendidas no local pelos bombeiros. (G1 GLOBO.COM. Explosão causa destruição em apartamentos de São Conrado, Rio de Janeiro, 18 mai.2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/05/explosao-causa-destruicao-em-apartamentos-de-sao-conrado-no-rio.html> >. Acesso em: 08 jan.2016.)

A vítima encaminhada ao hospital, o alemão Markos B. Maria Muller, de 51 anos, morador do apartamento onde aconteceu a explosão passou por uma cirurgia devido a gravidade das queimaduras de segundo grau que sofreu no tórax e no abdômen. Ainda segundo a SMS (Secretaria Municipal de Saúde), a vítima também sofreu lesões nos braços e nas pernas. Dias depois o morador veio a óbito. O edifício tinha 19 andares e 72 apartamentos. (G1 GLOBO.COM. Explosão causa destruição em apartamentos de São

Conrado, Rio de Janeiro, 18 mai.2015. Disponível em <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/05/explosao-causa-destruicao-em-apartamentos-de-sao-conrado-no-rio.html>>. Acesso em: 08 jan.2016.)

3º Caso: Há 30 anos – Uma tragédia com o gás LP

Por volta das 5h30min, em 19 de novembro de 1984, houve um grande incêndio e uma série de explosões em um terminal de armazenamento e distribuição de gás LP (Liquefeito de Petróleo), em San Juan Ixhuatepec, na cidade do México. Houve cerca de 650 mortes, 6400 feridos, 200 mil pessoas evacuadas e a destruição do terminal. As explosões foram registradas por um sismógrafo a 20 km de distância e a maior explosão alcançou 0.5 na escala Richter. A maioria das mortes e feridos era de comunidades circundantes – as pessoas estavam vivendo a cerca de 130 m do terminal. (PROCESS SAFETY BEACON. Há trinta anos uma tragédia com GLP, México, 19 nov.1984. Disponível em <<http://sache.org/beacon/files/2014/11/pt-br/read/2014-11-Beacon-Portuguese%20Brazil-s.pdf>>. Acesso em: 08 jan.2016.)

As causas do acidente nunca foram definitivamente estabelecidas por causa da destruição e da ausência de relatos de testemunhas. Acredita-se que o gás LP vazou de um tanque ou tubulação para recintos com paredes. Vapores de gás LP formaram uma nuvem de vapor inflamável com cerca de 2m de altura. (PROCESS SAFETY BEACON. Há trinta anos uma tragédia com GLP, México, 19 nov.1984. Disponível em <<http://sache.org/beacon/files/2014/11/pt-br/read/2014-11-Beacon-Portuguese%20Brazil-s.pdf>>. Acesso em: 08 jan.2016.)

4º Caso: O maior acidente da REDUC

No dia 30 de março de 1972, na Refinaria Duque de Caxias (RJ), ocorreram três explosões em três tanques esferas de gás liquefeito de petróleo (GLP); a primeira e mais forte, por volta das 0h50m; a segunda às 1h30m; e, a terceira, aproximadamente, às 2h30m. (INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS ESTUDOS DE CASOS. Caso 007: O Maior Acidente da Reduc, Duque de Caxias, 30 mar.1972. Disponível em <<http://inspecaoequipto.blogspot.com.br/2013/05/caso-007-o-maior-acidente-da-reduc-1972.html>>. Acesso em: 12 jan.2016.)

O vazamento de gás começou às 17 horas de quarta-feira (29/03). Às 18 horas a Brigada Contra o Fogo da Petrobrás lutava para evitar a progressão do defeito, resfriando toda a área, porque a temperatura (de 45° a 50° C normalmente) subia a cada instante. Mais de 100 homens banhavam permanentemente as esferas de gás. O trabalho não surtia efeito e o calor continuava aumentando. O gás já ocupava extensa área, inclusive fora dos limites da refinaria. Àquela altura, um fósforo riscado ou até mesmo uma faísca provocaria o incêndio. A temperatura no ponto de vazamento já estava a mil graus. Com as três explosões, o calor ficou insuportável e o colchão de ar transforma-se em chama gigantesca. A grande esfera de aço rompeu-se de tal forma que seus pedaços pareceram rasgados como se fossem papel, embora pesasse dezenas de toneladas. (INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS ESTUDOS DE CASOS. Caso 007: O Maior Acidente da Reduc, Duque de Caxias, 30 mar.1972. Disponível em < <http://inspecaoequipto.blogspot.com.br/2013/05/caso-007-o-maior-acidente-da-reduc-1972.html>>. Acesso em: 12 jan.2016.)

Os bombeiros, primeiros ao chegarem à Refinaria, estavam sem condições de combater as chamas, pois não puderam chegar perto do local uma vez que estavam ameaçados de serem atingidos pelas explosões. Na terceira explosão, por volta das 2h30m, o pânico foi total: os próprios bombeiros tiveram de abandonar o local às pressas pela Rodovia Washington Luís, o mesmo acontecendo com funcionários da refinaria e médicos que tentavam os primeiros socorros aos feridos. (INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS ESTUDOS DE CASOS. Caso 007: O Maior Acidente da Reduc, Duque de Caxias, 30 mar.1972. Disponível em < <http://inspecaoequipto.blogspot.com.br/2013/05/caso-007-o-maior-acidente-da-reduc-1972.html>>. Acesso em: 12 jan.2016.)

Em relação aos estragos ocasionados pelas explosões na REDUC, foi constatado: as esferas do tanque, onde estava depositado o gás liquefeito, desordenadas, e de algumas delas só resta um pedaço, porque três partes foram arremessadas para diferentes pontos. As tubulações dos armazéns retorcidos; o chão todo esburacado; os carros que estavam no estacionamento foram totalmente queimados; dos restaurantes que tinham na refinaria sobraram apenas os escombros; várias árvores estendidas nas estreitas estradas do parque industrial, e algumas instalações do setor de segurança sem energia era o retrato de uma área afetada pelas explosões. (INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS ESTUDOS DE CASOS. Caso 007: O Maior Acidente da Reduc, Duque de Caxias, 30 mar.1972. Disponível em <

<http://inspecaoequipto.blogspot.com.br/2013/05/caso-007-o-maior-acidente-da-reduc-1972.html>>. Acesso em: 12 jan.2016.)

Análise de Conseqüências

A “Análise de Conseqüências” é parte integrante da “Análise Riscos”, ou mais especificamente da “Análise Quantitativa de Riscos” (QRA – Quantitative Risk Assessment) ou “Análise Probabilística de Riscos” (PRA – Probabilistic Risk Assessment) e fazem parte do Gerenciamento de Riscos. Através dos seus modelos de “efeitos” e de “vulnerabilidade”, a análise de conseqüências dá subsídios ou dados de entrada para se determinar o risco de uma instalação ou processo (SCHMITT, 2009, p.3).

A minimização da freqüência na ocorrência de incidentes, bem como a minimização dos feitos e conseqüências geradas são os principais objetivos do gerenciamento de riscos (SCHMITT, 2009, p.9).

Um aspecto importante da análise de riscos após a identificação dos perigos é a análise de conseqüências. Perigos e problemas operacionais levam à liberação de energia e substâncias perigosas. O conhecimento de “qual a magnitude?” que pode ter um evento perigoso ou “qual o impacto?” ele poderá trazer faz parte do escopo da análise de conseqüências, que aplica modelos matemáticos para prever uma gama de efeitos físicos que tenham potenciais impactos a receptores vulneráveis (SCHMITT, 2009, p.11).

Dentro da análise de conseqüências, serão adotados modelos de efeitos e de vulnerabilidade (SCHMITT, 2009, p.11).

O primeiro aspecto (efeitos) irá estimar a magnitude dos efeitos físicos gerados. Os modelos de efeitos quantificam em termos das seguintes medidas: concentrações de gases tóxicos, níveis de radiação de incêndios ou sobre pressões de explosões (SCHMITT, 2009, p.11).

O segundo irá estimar os danos causados por estes efeitos aos receptores que estamos considerando. A regra dos modelos de vulnerabilidade é trazer a magnitude do fenômeno e

estimar os danos a pessoas, estruturas e meio-ambiente. Um conceito geral de análises de conseqüências é mostrado na Figura 12, a qual mostra que os incidentes são utilizados para obter uma quantificação dos danos (SCHMITT, 2009, p.11).

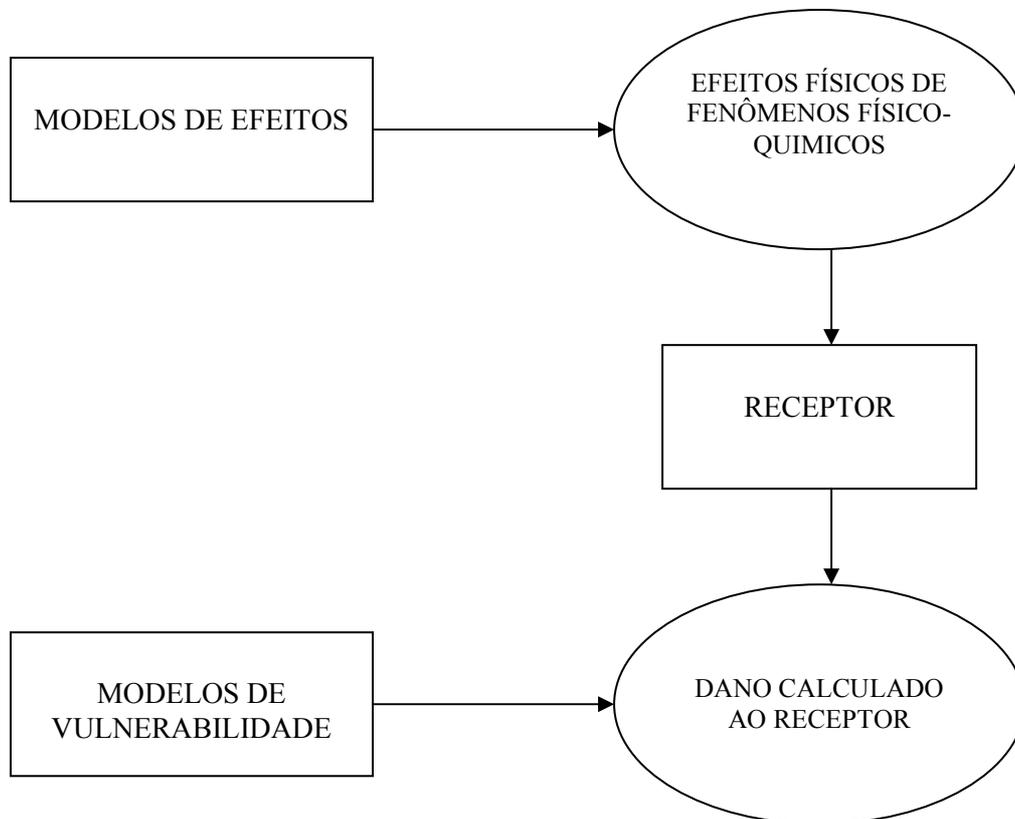


Figura 12. Modelos de efeitos e vulnerabilidade (Fonte: Cameron e Ramon, 2005)

Uma análise de conseqüências pode proporcionar (SCHMITT, 2009, p.12):

- Informações para a indústria sobre os efeitos de eventos;
- Detalhes para projetistas como o porquê que as conseqüências ocorrem e como podem ser minimizadas no projeto;
- Detalhes para as autoridades competentes em possíveis efeitos de eventos e então tomar apropriadas decisões de planejamento.

Efeitos do gás LP quanto ao impulso e aumento de pressão nas edificações e pessoas

Os *efeitos primários ou diretos* para seres humanos que ocorrem a partir de uma explosão são devido ao aumento na pressão do gás LP que ocorre quando passa a onda de choque. Ela pode causar danos a órgãos humanos sensíveis à pressão, como ouvidos (tímpano) e pulmões (CAMERON E RAMAN, 2005).

Os *efeitos indiretos* de uma explosão podem ser devido à projeção de fragmentos do tanque ou vaso que explodiu (fragmentos primários), que em geral possuem uma alta velocidade sendo arremessados como mísseis. Os fragmentos secundários são originados de partes das estruturas removidas pela onda de choque tais como vidros, tijolos, telhas, etc, e desenvolvem velocidades menores quando comparados com os fragmentos primários. O colapso de prédios pode ser chamado de *efeito secundário*. O deslocamento de ar de uma explosão pode arremessar pessoas a grandes distâncias, causando ferimentos devido à queda e colisão com obstáculos. Este efeito é referido como um *efeito* (CAMERON E RAMAN, 2005).

Efeitos do fluxo térmico em estruturas, equipamentos e nas pessoas

O fluxo térmico devido à radiação gerada por uma explosão a pessoas e estruturas causa uma gama de danos às pessoas, estruturas e equipamentos (SCHMITT, 2009, p.20).

A análise de Conseqüências traz uma maior confiabilidade para o planejamento de emergências, ou seja, maximiza a eficiência do combate e minimiza a exposição de pessoas, incluindo Defesa Civil (bombeiros, policia...) bem como dos moradores e trabalhadores das áreas vulneráveis, de forma a trazer uma menor probabilidade de perdas humanas e ferimentos graves (SCHMITT, 2009, p.45).

Com esta análise se evidencia como é relevante a Análise de Confiabilidade Humana (ACH) na execução dos serviços de instalações industriais.