

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA & ESCOLA DE QUÍMICA
PROGRAMA DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

JOSUÉ EDUARDO MAIA FRANÇA

**ALOCAÇÃO DE FATORES HUMANOS NO GERENCIAMENTO DE RISCOS DE
SISTEMAS COMPLEXOS OFFSHORE**

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA & ESCOLA DE QUÍMICA
PROGRAMA DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

JOSUÉ EDUARDO MAIA FRANÇA

**ALOCAÇÃO DE FATORES HUMANOS NO GERENCIAMENTO DE RISCOS DE
SISTEMAS COMPLEXOS OFFSHORE**

**Rio de Janeiro
2014**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA & ESCOLA DE QUÍMICA
PROGRAMA DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

JOSUÉ EDUARDO MAIA FRANÇA

**ALOCAÇÃO DE FATORES HUMANOS NO GERENCIAMENTO DE RISCOS DE
SISTEMAS COMPLEXOS OFFSHORE**

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.

Orientador: Isaac José Antônio Luquetti dos Santos

**Rio de Janeiro
2014**

França, Josué Eduardo Maia.

Alocação de Fatores Humanos no Gerenciamento de Riscos de Sistemas Complexos Offshore / Josué Eduardo Maia França. – 2014.
159 f. il. 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2014.

Orientador: Isaac José Antônio Luquetti dos Santos

1. Fatores Humanos. 2. Gerenciamento de Riscos. 3. Sistemas Complexos. 4. Segurança. 5. Plataforma offshore. I. Luquetti, Isaac José A. Santos (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Título.

CDD: 363.11



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA & ESCOLA DE QUÍMICA
PROGRAMA DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ALOCAÇÃO DE FATORES HUMANOS NO GERENCIAMENTO DE RISCOS DE
SISTEMAS COMPLEXOS OFFSHORE**

JOSUÉ EDUARDO MAIA FRANÇA

Orientador: **Isaac José Antônio Luquetti dos Santos**

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. Isaac José Antônio Luquetti dos Santos, DSc, CNEN/IEN

Prof. Assed Naked Haddad, DSc, PEA/UFRJ

Prof. Jorge Chaves de Moraes, DSc, IFCS/UFRJ

Prof. Gerardo Portela da Ponte Junior, DSc, COPPE/UFRJ

**Rio de Janeiro
2014**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho...

Ao meu querido e amado filho, Eduardo Henrique, que com muito amor e carinho, compreendeu minha ausência;

À minha amada e idolatrada esposa, Debinha, que sempre foi, e sempre será, meu porto seguro, minha inspiração, minha força, minha musa;

Aos meus queridos e amados irmãos, Jônathas, Josafat e Rute, que sempre me apoiaram neste estudo e compreenderam minha ausência;

À minha extraordinária mãe, Rita Luzia, uma guerreira, que me ensinou desde muito pequeno que dedicação, honestidade e gratidão são os pilares da Vida;

Ao meu obstinado pai, José Eduardo, que desde muito cedo me despertou a paixão pela área técnica e me ensinou a consertar quase tudo;

À minha grandiosa madrinha, Mirianluce, que me mostrou a importância e o valor do caráter de um homem e me despertou a paixão pela docência;

Ao meu grande Mestre em Geopolítica do Petróleo, Ricardo Lamêgo, que me ensinou o verdadeiro valor de uma amizade.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de dizer muito obrigado...

Ao Prof DSc Orientador Isaac Luquetti, por sua infinita paciência, grande contribuição técnica e parceria acadêmica na construção desta dissertação;

Aos Operadores, Supervisores, Coordenadores e demais profissionais que se propuseram a participar desta pesquisa e me receberam com estima a bordo, em especial ao Coordenador que permitiu o embarque;

Ao Engenheiro Helton Santana, que além de contribuir com informações técnicas importantes, sempre foi um dos maiores incentivadores deste estudo;

À Bibliotecária Érica Toledo Marques, por sua valiosa contribuição técnica na formatação desta dissertação, em um momento tão importante;

Aos Engenheiros Gerardo Portela, Carlos Carvalho e Cristiane Assis, grandes Mestres da área de Fatores Humanos e professores brilhantes desta disciplina, que sempre me inspiraram e me incentivaram neste estudo;

Ao Engenheiro Leandro Erthal, por todo seu apoio, contribuição técnica e grande parceria na área acadêmica e profissional;

Ao Engenheiro Ricardo Mattos, meu grande Mestre na área de Segurança em Eletricidade e um grande incentivador deste estudo, desde o seu início.

RESUMO

FRANÇA, Josué Eduardo Maia. **Alocação de Fatores Humanos no Gerenciamento de Riscos de Sistemas Complexos Offshore**. Rio de Janeiro, 2014. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

A produção de óleo e gás natural em plataformas de petróleo *offshore* é uma das atividades mais importantes da atividade industrial brasileira, desenvolvendo não somente o segmento de óleo e gás, mas também toda uma cadeia produtiva. Com a adoção de novas tecnologias para a exploração e produção de petróleo em alto mar, as atuais plataformas de petróleo assumem uma configuração de processos e equipamentos em que o controle e a automação ficam cada vez mais complexos, com variáveis de processo, tais como temperatura e pressão, cada vez mais críticas. Além disso, a prospecção de petróleo está cada vez mais longe da costa e com profundidades de perfuração cada vez maiores. Neste contexto, entender a dinâmica de interação entre os trabalhadores e os sistemas complexos de controle das plataformas de petróleo é fundamental para garantir a segurança de todos a bordo, bem como evitar danos ao meio ambiente. E ainda, em um cenário geopolítico mundial em que a energia é estratégica para o desenvolvimento e a sustentabilidade de uma nação, evitar uma grande perda no segmento industrial energético é crucial, denotando ainda mais a importância dos estudos relativos ao gerenciamento de riscos de sistemas complexos *offshore*. Esta dissertação busca analisar e estudar a alocação dos fatores organizacionais, humanos, e do ambiente de trabalho no gerenciamento de riscos das atividades de processamento e tratamento de petróleo de uma unidade de produção *offshore*. Após a identificação dos principais fatores que afetam o desempenho dos operadores, é realizada a hierarquização desses fatores com o uso da ferramenta AHP e posteriormente a alocação no gerenciamento de risco da instalação.

Palavras-chave: Fatores humanos, Gerenciamento de riscos, Sistemas complexos, Segurança, Plataforma offshore.

ABSTRACT

FRANÇA, Josué Eduardo Maia. **Alocação de Fatores Humanos no Gerenciamento de Riscos de Sistemas Complexos Offshore**. Rio de Janeiro, 2014. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

The production of oil and natural gas in offshore oil platforms is one of the most important activities in the Brazilian industrial activity, developing not only the oil and gas sector, but also an entire production chain. With the adoption of new technologies for offshore exploration and production, the current oil platforms assume a configuration of processes and equipment that process control and automation become increasingly complex, with process variables such as temperature and pressure increasingly critical. In addition, the oil exploration is increasingly away from the coast and with increasing depths of drilling. In this context, understand the dynamics of interaction between workers and complex control systems of oil platforms is critical to ensure the safety of all on board, as well as prevent damage to the environment. And yet, in a worldwide geopolitical scenario where energy is strategic for the development and sustainability of a nation, to avoid a large loss in the industrial segment energy is crucial, indicating the importance of further studies on the risk management of complex systems offshore. This dissertation aims to analyze and study the allocation of organizational, working environment and human factors at the risk management activities of processing and treatment of petroleum offshore production unit. After identifying the main factors that affect the performance of operators, the hierarchization of these factors is developed using AHP tool and subsequently the allocation in the risk management of the installation.

Keywords: Human Factors, Risk Management, Complex System, Safety, Offshore Platform.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Acidente da Plataforma Deepwater Horizon, Abril de 2010	19
Figura 2 – Plataforma fixa	43
Figura 3 – Plataforma auto-elevável.....	44
Figura 4 – Plataforma semi-submersível.....	45
Figura 5 – Navio sonda	45
Figura 6 – Plataforma FPSO P-50, operada pela Petrobras	47
Figura 7 – Plataforma FSO.....	47
Figura 8 – Metodologia empregada na dissertação	64
Figura 9 – Fluxograma do processamento primário de fluidos.....	69
Figura 10 – Esquema de um separador bifásico	70
Figura 11 – Esquema ilustrativo de um separador trifásico.....	72
Figura 12 – Ilustração de uma Sala de Controle Central – CCR – típica de uma FPSO.....	73
Figura 13 – Ilustração de uma operação de <i>offloading</i>	79
Figura 14 – Ambiente de trabalho de uma CCR típica de uma FPSO	80
Figura 15 – Ilustração da tela do Sistema ECOS, Sistema de Produção – separação água/óleo.....	81
Figura 16 – Planta industrial típica de uma plataforma FPSO.....	83
Figura 17 – Atividade de amostragem de óleo exercida pelo operador	88
Figura 18 – Acidente da Plataforma <i>Piper Alpha</i> , Julho de 1988	90
Figura 19 – Reprodução da planilha de consolidação dos dados do Questionário 1 99	
Figura 20 – Exemplo de cenário de vazamento de óleo em uma planta industrial <i>offshore</i>	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Bases de dados e arquivos encontrados.....	24
Tabela 2 – Bases de dados e arquivos encontrados.....	25
Tabela 3 – Papers selecionados para estudo aprofundado	26
Tabela 4 – Papers selecionados para referencial teórico.....	27
Tabela 5 – Papers indicados pelo professor orientador para estudo aprofundado ...	28
Tabela 6 – Situações relevantes para diferentes métodos de pesquisa	66
Tabela 7 – Tradução livre de Kariuki e Löwe (2006), fatores humanos e organizacionais em uma planta industrial de processo.	94
Tabela 8 – Reprodução da Escala Fundamental de Saaty (1980).....	102
Tabela 9 – Escala Fundamental de Saaty (1980) adaptada para o Questionário 2,	103
Tabela 10 – Designação “F” dos fatores dos respondentes.....	104
Tabela 11 – Matriz de Comparação dos Fatores do Respondente A2.....	104
Tabela 12 – Matriz de Comparação dos Fatores do Respondente A2 com o cálculo da soma dos elementos a_{ij} de cada coluna	105
Tabela 13 – Matriz de Pesos Relativos PR dos Fatores F1 a F6, do Respondente A2	106
Tabela 14 – Reprodução da Tabela de Valores de IR para Matrizes Quadradas de Ordem n	108
Tabela 15 – Produto entre a Matriz do Respondente A2 e a Matriz PR dos seus Pesos Relativos correspondentes	109
Tabela 16 – Matriz “/peso” do Respondente A resultante da divisão da Matriz 6x1 anterior pelos Pesos Relativos PR correspondentes.....	109
Tabela 17 – Cálculos matemáticos da Razão de Consistência de Saaty (1980) da Matriz do Respondente 2	110
Tabela 18 – Tabela de Consolidação dos dados de RC das matrizes dos 11 Respondentes	111
Tabela 19 – Tabela de Consolidação das Médias do PR das matrizes consistentes de 5 respondentes.....	112
Tabela 20 – Escala de Valores da Tabela de Alocação de Fatores Humanos.....	117
Tabela 21 – Tabela de Consolidação da Opinião dos Especialistas de Fatores Humanos	118
Tabela 22 – Tabela de Cálculos do Percentual de Alocação de Fatores Humanos	118
Tabela 23 – Tabela da Escala Percentual da Metodologia do Projeto PRISM.....	119
Tabela 24 – Tabela de Descrição de Severidades adaptada da ISO-17776.....	120
Tabela 25 – Tabela de Severidade X Alocação de Fatores Humanos.....	121

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANM	Árvore de Natal Molhada
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
API	<i>American Petroleum Institute</i>
API RP	<i>American Petroleum Institute Recommended Practices</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BORA	<i>Barrier and Operational Risk Analysis</i>
BSW	<i>Basic Sediments and Water</i>
BV	<i>Bureau Veritas</i>
CCR	<i>Central Control Room</i>
COFF	<i>Contributing Factors Framework</i>
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CREAM	<i>Cognitive Reliability and Error Analysis Method</i>
DEA	Di-Etanol-Amina
DNV GL	<i>Det Norske Veritas, Germanischer Lloyd</i>
ECOS	Estação Central de Operação e Supervisão
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ERS	<i>Ergonomics Research Society</i>
ESD	<i>Emergency Shut Down</i>
FAD	Fatores que Afetam o Desempenho dos Trabalhadores
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico
FPSO	<i>Floating, Production, Storage and Offloading</i>
FSS	<i>International Code for Fire Safety Systems</i>
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
HazOp	<i>Hazard and Operability study</i>
HPU	<i>High Pressure Unit</i>

ICLL	<i>International Conference on Load Line</i>
IEC	<i>International Electrical Commission</i>
IHM	Interface Homem Máquina
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LG	<i>Level Gauge</i>
LSA	<i>Life-Saving Appliances</i>
MODU	<i>Mobile Offshore Drilling Units</i>
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i>
NORMAN	Normas da Autoridade Marítima
NR	Norma Regulamentadora do MTE
OTC	<i>Offshore Technology Conference</i>
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PEA	Programa de Engenharia Ambiental
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro SA
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PSF	<i>Performance Shaping Factors</i>
ROV	<i>Remotely Operated Vehicle</i>
SDV	<i>Shut Down Valve</i>
SESMT	Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho
SGSO	Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional
SOLAS	<i>Safety of Life at Sea</i>
TEG	Tri-Etileno-Glicol
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UPS	<i>Uninterruptible Power System</i>
VCP	Verificação de Conformidade de Procedimentos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Formulação da Situação Problema	16
1.2	Objetivos do Estudo	19
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	19
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	20
1.3	Delimitação do Estudo	22
2	REVISÃO DA LITERATURA	23
2.1	Levantamento dos Textos Pesquisados nas Bases de Dados	23
2.2	Análise e Seleção dos Textos Pesquisados nas Bases de Dados	Erro! Indicador não definido.
2.3	Estudo dos Textos Pesquisados nas Bases de Dados	28
3	IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	40
3.1	Ambiente <i>offshore</i> e as plataformas de petróleo	40
3.1.1	<i>Produção de óleo e gás offshore no Brasil</i>	41
3.1.2	<i>Plataformas de petróleo offshore</i>	42
3.2	Sistemas de uma plataforma de petróleo offshore	48
3.2.1	<i>Sistema de Ancoragem e Posicionamento</i>	48
3.2.2	<i>Sistema de Captação e Distribuição de Água Salgada</i>	49
3.2.3	<i>Sistema de Distribuição de Água Doce</i>	49
3.2.4	<i>Sistema de Água de Resfriamento</i>	49
3.2.5	<i>Sistema de Ar Comprimido</i>	50
3.2.6	<i>Sistema de Ar Condicionado e Ventilação</i>	50
3.2.7	<i>Sistema de Tratamento de Água Oleosa Produzida</i>	51
3.2.8	<i>Sistema de Tratamento de Água e Efluentes</i>	51
3.2.9	<i>Sistema de Geração e Distribuição de Energia Elétrica</i>	51
3.2.10	<i>Sistema de Lastro</i>	52
3.2.11	<i>Sistema de Tancagem</i>	52
3.2.12	<i>Sistema de Salvatagem</i>	53
3.2.13	<i>Sistema de Proteção e Combate a Incêndio</i>	53
3.2.14	<i>Sistema de Movimentação de Cargas e Pessoas</i>	54
3.2.15	<i>Sistema de Produção Offshore</i>	54
3.2.16	<i>Sistema de Processamento de Óleo</i>	56
3.2.17	<i>Sistema de Processamento de Gás</i>	57
3.2.18	<i>Sistema de Exportação de Gás e Óleo</i>	57
3.3	Atividades de operação, manutenção e inspeção em plataformas de petróleo offshore	57
3.3.1	<i>Operação</i>	58
3.3.2	<i>Manutenção</i>	58
3.3.3	<i>Inspeção</i>	59
3.4	Normas de segurança aplicáveis a plataformas de petróleo offshore	59
3.4.1	<i>Regulamentação Nacional</i>	59

3.4.2	<i>Regulamentação Internacional</i>	62
4	METODOLOGIA DE PESQUISA	64
4.1	Características da pesquisa	65
4.2	População considerada	65
4.3	Definição do método	65
4.4	Coleta de dados	67
4.5	Estrutura Metodológica.....	67
4.5.1	<i>Etapa 1 – Definição e descrição do processo em estudo</i>	68
4.5.2	<i>Etapa 2 – Análise da população de trabalhadores</i>	72
4.5.3	<i>Etapa 3 – Definições das situações de trabalho a analisar</i>	80
4.5.4	<i>Etapa 4 – Descrição das tarefas realizadas pelos operadores</i>	82
4.5.5	<i>Etapa 5 – Análise das atividades exercidas pelos operadores</i>	89
4.5.6	<i>Etapa 6 – Escolha e definição dos fatores que podem influenciar no desempenho dos operadores e que serão alocados no gerenciamento de risco do processo estudado</i>	95
4.5.7	<i>Etapa 7 – Avaliação dos fatores que podem influenciar no desempenho dos operadores</i>	100
5	RESULTADO FINAL	114
5.1	Cenário acidental relevante no gerenciamento de riscos do processo em estudo.....	114
5.2	Alocação dos fatores mais relevantes no gerenciamento de riscos do processo em estudo.....	117
6	CONCLUSÕES	127
	REFERENCIAS	129
	APENDICE A – QUESTIONÁRIO 1: IDENTIFICAÇÃO DE FATORES HUMANOS NA ÁREA DE PRODUÇÃO DE PLATAFORMA OFFSHORE	135
	APENDICE B – QUESTIONÁRIO 2: ANÁLISE DA RELEVÂNCIA DE FATORES HUMANOS PREVIAMENTE IDENTIFICADOS	137
	APENDICE C – QUESTIONÁRIO DE ALOCAÇÃO DE FATORES HUMANOS	141
	APENDICE D – CENÁRIO ACIDENTAL ANEXO AO QUESTIONÁRIO DE ALOCAÇÃO DE FATORES HUMANOS	144
	APENDICE E – MATRIZES DO RESPONDENTE A4	147
	APENDICE F – MATRIZES DO RESPONDENTE A5	148
	APENDICE G – MATRIZES DO RESPONDENTE A6	149
	APENDICE H – MATRIZES DO RESPONDENTE A9	150
	APENDICE I – MATRIZES DO RESPONDENTE A11	151
	APENDICE J – MATRIZES DO RESPONDENTE A13	152
	APENDICE K – MATRIZES DO RESPONDENTE A14	153
	APENDICE L – MATRIZES DO RESPONDENTE A18	154
	APENDICE M – MATRIZES DO RESPONDENTE E2	155
	APENDICE N – MATRIZES DO RESPONDENTE E5	156

1 INTRODUÇÃO

Meados do século XVIII, Inglaterra, uma manhã fria, escura e poluída; pessoas sujas, cansadas e mal vestidas caminham em procissão em meio à névoa de Londres. Ouve-se um ruído alto de uma sirene: tem-se início a mais um dia de trabalho na era conhecida como Revolução Industrial.

Mudam-se os locais, mudam-se as pessoas, mudam-se os trajes, mas, de certa forma, o contexto permanece o mesmo nos dias atuais. Apesar de toda evolução tecnológica introduzida pela 1ª Revolução Industrial e todas as outras que se seguiram, há muito ainda a evoluir no que diz respeito aos fatores humanos.

A primeira Revolução Industrial mudou sobremaneira o trabalho do homem, que antes era basicamente um fazendeiro ou um artesão que produzia para a sua própria subsistência e de sua família. Este “homem do campo” foi introduzido a um processo produtivo de larga escala e foi considerado, assim como as máquinas, meramente como mais um elemento da indústria, sem que se identificasse o real valor de sua participação em todo este novo contexto de trabalho.

Ou seja, o início de todo o processo produtivo, a primeira Revolução Industrial, foi o início da interação do elemento humano com os sistemas sociotécnicos complexos – as máquinas, processos e equipamentos da indústria.

Historicamente, a chamada Revolução Industrial é dividida em três partes distintas. A primeira, de 1780 a 1830, associada ao uso intensivo do carvão e do vapor; a segunda, de 1860 a 1945, também chamada de Revolução Tecnológica, onde se iniciou intensivamente a utilização dos hidrocarbonetos, eletricidade e motores (a combustão e elétricos); e finalmente a terceira, de 1970 ao presente, também chamada de Revolução Digital, onde se utilizou o silício na construção de componentes eletrônicos que substituíram a maioria dos elementos pneumáticos, mecânicos e até mesmo elétricos na construção de novos equipamentos industriais.

E durante este terceiro momento da Revolução Industrial, surgiu o conceito, e posteriormente os estudos da interação entre o homem e os modernos e complexos

sistemas sociotécnicos industriais. Inicialmente, e durante certo tempo, os estudos de fatores humanos foram associados aos estudos de ergonomia – ciência que estuda a interação do homem com as máquinas e o ambiente que o cerca.

Modernamente, os especialistas dividem a ergonomia em três ramos distintos: a ergonomia antropométrica, ou física, que diz respeito à interação física (antropométrica) do homem com os artefatos por ele utilizado; a ergonomia organizacional, que aborda as relações interpessoais nos ambientes de trabalho e a cultura organizacional; e, por fim, a ergonomia cognitiva, que estuda os processos mentais do ser humano (cognição) e como estes interagem com os modernos sistemas sociotécnicos complexos.

Junto com o início de todo este novo conceito de trabalho introduzido pelas revoluções industriais, houve também o início do estudo de uma das mais importantes consequências deste modelo produtivo: o acidente do trabalho.

O médico italiano Bernardino Ramazzini (1633-1714) foi o primeiro a publicar estudos sobre doenças e lesões relacionadas ao trabalho, em sua publicação de 1700 "*De Morbis Artificum Diatriba*" (As Doenças dos Trabalhadores). É considerado por muitos especialistas como o patrono da Medicina do Trabalho e também da Engenharia de Segurança do Trabalho.

Alguns anos mais tarde, em 1857, Wojciech Jastrzębowski (1799-1882), cientista polonês, estimulado pelos estudos de Ramazzini e de outros que se dedicaram a estudos semelhantes, publicou um artigo que abordava as dimensões antropométricas do homem e a sua relação com o ambiente que o cercava, criando o termo ergonomia, do grego *ergon* (trabalho) e *nomos* (lei natural).

No entanto, apesar do pioneirismo de Ramazzini e Jastrzębowski, desde os primeiros estudos de segurança e riscos industriais, introduzidos por Herbert W. Heinrich no seu livro *Industrial Accident Prevention, A Scientific Approach*, em 1931, muita atenção foi dispensada para máquinas, equipamentos e processos, sobrando pouco, ou quase nada, para o estudo da complexa interação entre o homem e a máquina nos processos de trabalho.

Com a natural e lenta evolução da indústria ao longo dos anos, os estudos na área de segurança não evoluíram significativamente. No entanto, no final da Primeira Guerra mundial, o mundo percebeu o valor estratégico das máquinas de guerra introduzidas no conflito, construídas de aço e alimentadas pelo petróleo. Desde este momento, impulsionado pela própria Primeira Guerra Mundial, e logo depois pela Segunda Guerra Mundial, a indústria cresceu exponencial e rapidamente, fazendo com que o espaço entre compreensão humana e complexidade de sistemas ficasse cada vez maior. O cenário estava perfeito para o chamado “erro humano”.

Durante a Segunda Guerra Mundial, diversos acidentes ocorreram com os aviões devido ao seu complexo painel de controle, frente a um despreparado piloto. A complexidade foi introduzida com o intuito de vencer a guerra através da tecnologia, mas se esqueceram de que esta tecnologia depende intensamente da ação do ser humano, que não acompanhou, quer seja por falta de treinamento ou não, a evolução do sistema com o qual ele interage. Com isso, os acidentes causados pelo chamado “erro humano” cresceram, contribuindo decisivamente para a mudança do cenário geopolítico mundial, pois grandes acidentes trazem grandes perdas, aumentando sobremaneira os investimentos das organizações, quer seja para reparar os danos causados, quer seja para aumentar a segurança de processos.

Pouco depois da Segunda Guerra Mundial, nasce na Inglaterra de 1949, a primeira sociedade de ergonomia, a *Ergonomics Research Society*, criada por Murrell, engenheiro e psicólogo britânico (Falzon, 2007), consolidando alguns incipientes estudos europeus desta disciplina e intensificando os estudos relativos ao chamado “erro humano”. A partir de então, vários estudos da interação homem-máquina foram realizados, contribuindo para a evolução da ergonomia, para a prevenção de acidentes industriais e para a criação de outras disciplinas que pudessem se dedicar ao estudo da interação do ser humano com os cada vez mais modernos e complexos sistemas complexos.

Todavia, apesar de toda essa evolução acontecer e de intensificarem as pesquisas de ergonomia e fatores humanos, ainda há muitos eventos indesejáveis acontecendo, cuja maior contribuição está na falha da interação homem *versus* sistema complexo. Ademais, muitas análises de riscos e de acidentes ainda mantêm um conceito simplista e inequívoco de que um acidente acontece única e

exclusivamente devido ao erro humano. Diante de todo este cenário, e levando em consideração a complexidade dos modernos sistemas tecnológicos industriais, que apresentam uma série de perigos e riscos, é necessário depreender esforços para estudar a interação entre estes sistemas e os profissionais que nele atuam.

Diante disso, fica claro que junto com a evolução do trabalho, houve também a evolução dos riscos do ambiente de trabalho, onde os processos de produção apresentam pressões, temperaturas e vazões cada vez maiores, controladas por sistemas cada vez mais críticos.

Neste novo contexto complexo de grandes energias, que potencialmente podem causar sérias lesões ao ser humano, o estudo da percepção e atenção do trabalhador, frente ao controle de todo este sistema complexo que o cerca, é extremamente necessário, de modo a construir um ambiente de trabalho seguro, eficiente e propício para a contínua evolução tecnológica e laboral.

1.1 Formulação da Situação Problema

A atividade de exploração e produção de petróleo *offshore*, atualmente, é uma das mais importantes atividades produtivas do homem. Construir um poço submarino e elevar (bombear) o petróleo até uma plataforma, por si só, já apresenta uma série de riscos. Associado a esta atividade, quando o petróleo chega ao *topside* da plataforma, há uma série de operações que preparam este petróleo para a exportação para terra, via tubulações submarinas ou via navios petroleiros. Tais operações, que têm a finalidade de separar a mistura água, óleo e gás do petróleo, são desenvolvidas em equipamentos e processos que envolvem altas temperaturas, altas pressões e produtos químicos perigosos.

Evitar uma perda de contenção neste cenário crítico é fundamental, pois além da perda de produção, poderão acontecer acidentes graves, resultando em lesões aos trabalhadores ou contaminação do meio-ambiente. Acidentes como o da plataforma *Piper Alpha*, no Mar do Norte (1988), da P-36 na Bacia de Campos (2001) e da *Deepwater Horizon*, no Golfo do México (2010) mostram que as consequências de

um evento desta monta são trágicas e, a despeito de toda evolução tecnológica do controle de processos, os acidentes continuam acontecendo.

O acidente da plataforma *Piper Alpha* aconteceu no dia 6 de julho de 1988, causando a fatalidade de 167 trabalhadores e a perda total da unidade de produção *offshore*. Diversas análises deste acidente foram feitas, e todas evidenciaram que uma das causas principais deste evento foi o chamado “erro humano”, durante o processo de manutenção de uma bomba do sistema de produção. O desastre *Piper Alpha* é um exemplo importante de como fatores humanos e organizacionais podem causar acidentes de dimensões catastróficas. Após o acidente, o Governo Britânico instaurou uma comissão, sob a liderança de Lord Cullen, membro do Parlamento do Reino Unido. Após o término das investigações desde inquérito, foi elaborado um dos mais importantes e completos documentos sobre o acidente da *Piper Alpha*: o Relatório Cullen.

Com base nos ensinamentos trazidos por estes e outros acidentes, uma série de organismos reguladores mundiais desta atividade desenvolveram normas, textos técnicos e boas práticas que contribuem para a prevenção de acidentes *offshore*. No Brasil, a ANP publicou em 2007 a Resolução ANP nº 43 que instituía uma série de obrigações legais para o desenvolvimento de atividade de exploração e produção de petróleo *offshore*, incluindo em seus anexos o “Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional das Instalações Marítimas de Perfuração e Produção de Petróleo e Gás Natural”, também conhecido como Regulamento SGSO da ANP.

De acordo com a própria ANP, o principal objetivo deste regulamento é:

...estabelecer requisitos e diretrizes para implementação e operação de um Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO), visando a segurança operacional das instalações marítimas de perfuração e produção de petróleo e gás natural, com o objetivo de proteger a vida humana e o meio ambiente, através da adoção de 17 práticas de gestão. (Resolução ANP nº 43, 2007, pág. 1)

Neste sentido, a prática de gestão número quatro deste documento consolida as diretrizes da gestão de riscos do SGSO referentes ao ambiente de trabalho e fatores humanos, a saber:

Prática de gestão Nº 4: ambiente de trabalho e fatores humanos

4.1 Objetivo

O Operador da Instalação conduzirá sua prática de gestão de modo a promover um ambiente de trabalho adequado e que considere os fatores humanos durante todo o ciclo de vida da Instalação.

4.2 Ambiente de Trabalho e Fatores Humanos

O Operador da Instalação terá como atribuição:

4.2.1 Analisar os aspectos de ambiente de trabalho considerando os fatores humanos em todas as fases do ciclo de vida da Instalação e de seus sistemas, estruturas e equipamentos.

4.2.1.1 Nas fases de projeto, construção, instalação e desativação, deverão ser identificados e considerados códigos e padrões relativos aos aspectos de ambiente de trabalho e de fatores humanos.

4.2.1.2 Durante a fase de operação, deverá ser promovida a conscientização da força de trabalho envolvida na operação e na manutenção, relativa às situações e condições que possam provocar incidentes. . (Resolução ANP nº 43, 2007, pág. 10)

Diante desta Prática de Gestão número 4, percebe-se a preocupação da ANP quanto aos fatores humanos em todas as etapas da atividade produção de petróleo *offshore*, inclusive já contextualizando as questões organizacionais e suas inter-relações, quando aborda o ambiente de trabalho em seu texto. Fica evidente que, além de considerar a alocação de fatores humanos nas atividades de exploração e produção *offshore* que já estão em operação no Brasil, esta Prática também considera a alocação de fatores humanos na etapa de projeto, onde é possível se desenvolver sistemas mais seguros e eficientes sem que se façam alterações críticas em estruturas de aço, mas sim no desenho de projeto, produzindo uma unidade de produção *offshore* (plataforma) mais segura e adequada aos trabalhadores que executarão suas atividades a bordo desta embarcação. Ou seja, a segurança em alto-mar é algo crítico e pode gerar situações catastróficas, tais como, por exemplo, o acidente da plataforma de produção de petróleo *offshore Deepwater Horizon*, no Golfo do México, em 2010, apresentado na Figura 1.



Figura 1 – Acidente da Plataforma Deepwater Horizon, Abril de 2010
(Fonte: www.wikipedia.org, acesso em Abril/2013)

1.2 Objetivos do Estudo

Nesta seção, serão apresentados os objetivos desta dissertação, que se dividem em objetivos gerais, que correspondem ao estudo dos elementos macros desta dissertação; objetivos específicos, que dizem respeito ao estudo de fatores humanos no gerenciamento de riscos de uma plataforma FPSO; e delimitações do estudo, onde serão apresentados os limites deste trabalho e oportunidades de futuros estudos.

1.2.1 Objetivo Geral

De modo a evitar, ou minimizar os cenários acidentais que as unidades de produção *offshore* podem apresentar, é necessário se utilizar de ferramentas de gerenciamento de riscos capazes de identificar estes cenários acidentais, suas causas e consequências. Utilizando-se destas técnicas e ferramentas, será possível desenvolver defesas preventivas, que atuam na causa dos acidentes, como também

defesas mitigadoras, que atuam nas consequências, reduzindo ao máximo possível os danos à instalação, a contaminação do meio-ambiente e lesões aos trabalhadores.

Tais ferramentas e técnicas, como por exemplo, o Hazop (*Hazard and Operability study*), que é uma ferramenta qualitativa de análise de riscos, proporciona uma eficiente identificação dos cenários acidentais, causas e consequências, bem como as medidas mitigadoras (salvaguardas). Desta forma, além de se identificar as já existentes salvaguardas da instalação, poder-se-á sugerir salvaguardas adicionais para situações de riscos específicas.

No entanto, apesar de toda eficiência que o Hazop e outras ferramentas de análises de riscos apresentam para a identificação dos cenários acidentais, nenhuma delas trata com propriedade de questões ligadas ao ser humano e aos fatores humanos. Algumas técnicas apenas se limitam a identificar o chamado “erro humano”, mas não desenvolve a questão plenamente. Diante disso e da interação cada vez mais intensa entre os seres humanos e os modernos sistemas sociotécnicos complexos, faz-se necessário indexar a estas técnicas de análise de riscos a compreensão da contribuição dos fatores humanos nos cenários acidentais. E mais, há ainda a oportunidade de se desenvolver novas ferramentas de gerenciamento de riscos que sejam capazes de qualificar, e até mesmo quantificar, o nível de interação entre os trabalhadores, o clima organizacional (cultura organizacional) e os equipamentos e processos que constroem os ambientes de trabalho.

1.2.2 Objetivos Específicos

De acordo com a norma API RP 754 (2010), acidente de processo é o evento não planejado e não controlado de perda de contenção primária em uma instalação de processo. Evitar que este evento ocorra em uma planta de processamento e tratamento de petróleo no *topside* de uma unidade de produção *offshore* é o maior objetivo de uma política de gerenciamento de risco, tal como o SGSO da ANP.

Compreender as interações cognitivas dos trabalhadores na operação de uma planta de processamento e tratamento de petróleo contribui decisivamente para o gerenciamento dos riscos de uma unidade de produção *offshore*. Ao mesmo tempo, promover a segurança dos trabalhadores embarcados também é promover a segurança dos processos, controlando as variáveis críticas de processo – pressão, temperatura, vazão e nível.

Pode-se perceber que somente com uma política de gerenciamento de riscos consolidada, que contenha objetivamente as informações técnicas e de segurança de uma planta industrial, será possível integrar fatores humanos e segurança de processos na análise de riscos dos cenários acidentais dos modernos sistemas sociotécnicos.

Em consonância com a Prática de Gestão número 4 da ANP e, se apropriando da compreensão da contribuição dos fatores humanos nos cenários acidentais das plantas de processo, a presente dissertação busca analisar e estudar a alocação dos fatores humanos no gerenciamento de riscos das atividades de processamento e tratamento de petróleo no *topside* de uma unidade de produção *offshore* localizada na Bacia de Campos, ao Norte do Estado do Rio de Janeiro.

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

- Propor uma estrutura metodológica para alocação dos fatores organizacionais, humanos, e do ambiente de trabalho no gerenciamento de riscos das atividades de processamento e tratamento de petróleo de uma unidade de produção *offshore*;
- Identificar as ações humanas não seguras que podem afetar a segurança operacional de instalações industriais *offshore*;
- Aplicar a estrutura metodológica proposta na operação uma unidade de produção *offshore* localizada na Bacia de Campos, ao Norte do Estado do Rio de Janeiro.

Desta forma, esta dissertação busca estudar a interação do operador de produção de uma plataforma FPSO, frente aos equipamentos, sistemas e processos que ele controla. Este estudo, que é a alocação de fatores humanos no gerenciamento de riscos de uma das várias atividades da operação de uma grande plataforma, busca compreender, através da metodologia empregada, como o desempenho, o comportamento, a cultura, a percepção de risco e demais fatores cognitivos do operador podem influenciar no funcionamento e na prevenção de acidentes em seu ambiente de trabalho.

1.3 Delimitação do Estudo

Esta dissertação não pretende abordar com detalhes as diversas atividades industriais que estão presentes em uma unidade de produção *offshore*, a saber: compressão e expedição de gás natural, produção de energia elétrica, controle de estabilidade da embarcação, operações submarinas, etc. No entanto, algumas interações com estas atividades e com o objeto de estudo – o processamento e tratamento de petróleo no *topside* – poderão ser analisadas, como o objetivo de melhor apresentar os cenários de estudo.

Como o maior objetivo desta dissertação é compreender a influência dos fatores humanos no ambiente de trabalho (sistemas sociotécnicos complexos), algumas ferramentas de análise de riscos serão estudadas, mas não em profundidade. Será dada ênfase àquelas ferramentas que possam identificar a contribuição dos fatores humanos no gerenciamento de riscos. Aproveitando a estreita relação entre a ergonomia e o estudo dos fatores humanos, algumas abordagens que compreendam esta relação também poderão ser abordadas.

Outras abordagens e/ou aprofundamento em assuntos específicos que possam surgir ao longo desta dissertação, e que possam contribuir para o desenvolvimento da comunidade científica e acadêmica da produção de petróleo *offshore*, serão identificadas e sugeridas como oportunidades de futuros estudos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo apresenta-se uma extensa e apurada revisão de literatura, desenvolvida através da pesquisa de textos técnicos selecionados das seguintes bases de dados:

- Sci Verse - Science Direct (www.sciencedirect.com);
- Sci Verse - Scopus (www.scopus.com);
- ISI Web of Science (www.wokinfo.com);
- SciElo (www.scielo.org).

Trata-se de uma revisão bibliográfica sistematizada, cuja estrutura se baseou nos trabalhos de Neves et al (2013) e Rodríguez et al (2013). A apresentação desta revisão foi estruturada em três etapas:

- Descrição do levantamento dos textos pesquisados;
- Análise do conteúdo dos textos pesquisados;
- Seleção dos textos de maior relevância para estudo.

2.1 Levantamento dos Textos Pesquisados nas Bases de Dados

Neste capítulo se encontra a descrição do levantamento dos textos pesquisados. Para o desenvolvimento deste levantamento, foram utilizadas 10 palavras-chave, na caixa de busca das bases de dados, a saber:

- *Acidentes Offshore*;
- *Offshore Accidents*;
- Análise de Riscos;

- *Risk Analysis;*
- Ergonomia Cognitiva;
- *Cognitive Ergonomics;*
- Fatores Humanos;
- *Human Factors;*
- Segurança de Processos;
- *Process Safety.*

As pesquisas foram realizadas entre 22 de Março de 2013 e 16 de Junho de 2013, sem restrição quanto ao país de origem, mas pesquisando somente títulos em língua inglesa e língua portuguesa. Foi considerado todo o período disponível da base, na época da pesquisa, com a descoberta de um total de 415 artigos, que estão representados na Tabela 1:

Tabela 1 – Bases de dados e arquivos encontrados
(Fonte: Elaboração do autor, 2013)

Base de dados	Arquivos encontrados
Science Direct	90
Scopus	129
SciELO	39
ISI Web of Science	157
Total	415

Ou seja, nesta pesquisa de textos foram encontrados 415 textos que têm relação com o tema da proposta de estudo da presente dissertação. Na Tabela 2 são mostradas as palavras-chaves e a quantidade de arquivos relacionados encontrados por cada uma destas palavras na base de dados respectiva.

Tabela 2 – Bases de dados e arquivos encontrados
(Fonte: Elaboração do autor, 2013)

Palavra-chave	Base de dados	Arquivos encontrados
<i>Acidentes Offshore</i>	Science Direct	01
	Scopus	01
	SciELO	00
	ISI Web of Science	00
<i>Offshore Accidents</i>	Science Direct	11
	Scopus	29
	SciELO	00
	ISI Web of Science	19
Análise de Riscos	Science Direct	05
	Scopus	00
	SciELO	03
	ISI Web of Science	00
Risk Analysis	Science Direct	16
	Scopus	14
	SciELO	10
	ISI Web of Science	33
Ergonomia Cognitiva	Science Direct	05
	Scopus	00
	SciELO	05
	ISI Web of Science	00
Cognitive Ergonomics	Science Direct	10
	Scopus	25
	SciELO	00
	ISI Web of Science	24
Fatores Humanos	Science Direct	05
	Scopus	00
	SciELO	09
	ISI Web of Science	00
Human Factors	Science Direct	21
	Scopus	36
	SciELO	03
	ISI Web of Science	25
Segurança de Processos	Science Direct	01
	Scopus	00
	SciELO	06
	ISI Web of Science	00
Process Safety	Science Direct	15
	Scopus	24
	SciELO	03
	ISI Web of Science	56
Total		415

2.2 Análise e Seleção dos Textos Pesquisados nas Bases de Dados

Após a execução desta pesquisa, todos os 415 arquivos encontrados foram analisados, buscando selecionar um conjunto de textos que apresentasse notável relevância para com a proposta de estudo. Destes arquivos, 18 foram selecionados para fazerem parte do arcabouço teórico da presente dissertação.

Dentro do universo destes 18 *papers*, optou-se pela escolha de nove para fazerem parte do referencial teórico desta dissertação, e nove para fazerem parte de um estudo mais específico e aprofundando, pois possuem notável relevância para com o estudo de fatores humanos e sistemas complexos *offshore*. A Tabela 3 e a Tabela 4 apresentam a seleção destes *papers*.

Tabela 3 – Papers selecionados para estudo aprofundado
(Fonte: Elaboração do autor, 2013)

Base	Autor (es)	Texto selecionado	Seleção
Science Direct	R. P. E. Gordon (1998)	<i>The contribution of human factors to accidents in the offshore oil industry</i>	Estudo aprofundado
Science Direct	S. G. Kariuki, K. Lowe (2007)	<i>Integrating human factors into process hazard analysis</i>	Estudo aprofundado
Science Direct	P. C. Cacciabue (2000)	<i>Human factors impact on risk analysis of complex systems</i>	Estudo aprofundado
Science Direct	S. A. Shappell et al (2013)	<i>Human factors investigation and analysis of accidents and incidents</i>	Estudo aprofundado
ISI Web	P.V.R. Carvalho, I.L. Santos et al (2005)	<i>Safety implications of cultural and cognitive issues in nuclear power plant operation</i>	Estudo aprofundado
ISI Web	J. Ren, I. Jenkinson et al (2008)	<i>A methodology to model causal relationships on offshore safety assessment focusing on human and organizational factors</i>	Estudo aprofundado
ISI Web	G.J.M. Read, M.G. Lenné, S.A. Moss (2012)	<i>Associations between task, training and social environmental factors and error types involved in rail incidents and accidents</i>	Estudo aprofundado
Scopus	J.E. Vinnem (2010)	<i>Risk indicators for major hazards on offshore installations</i>	Estudo aprofundado
Scopus	W.S. Marras, P.A. Hancock (2013)	<i>Putting mind and body back together: A human-systems approach to the integration of the physical and cognitive dimensions of task design and operations</i>	Estudo aprofundado

Tabela 4 – Papers selecionados para referencial teórico
(Fonte: Elaboração do autor, 2013)

Base	Autor (es)	Texto selecionado	Seleção
Science Direct	P. A. Hancock (2012)	<i>Human factors and ergonomics</i>	Referencial teórico
Science Direct	K. R. Boff (2006)	<i>Revolutions and shifting paradigms in human factors & ergonomics</i>	Referencial teórico
ISI Web	D. Attwooda et al (2005)	<i>Offshore oil and gas occupational accidents – What is important?</i>	Referencial teórico
ISI Web	P.V.R. Carvalho, I.L. Santos et al (2007)	<i>Human factors approach for evaluation and redesign of human–system interfaces of a nuclear power plant simulator</i>	Referencial teórico
ISI Web	T. Reiman, P. Oedewald (2006)	<i>Assessment of complex sociotechnical system - Theoretical issues concerning the use of organizational culture and organizational core task concepts</i>	Referencial teórico
Scopus	F. Merienne (2010)	<i>Human factors consideration in the interaction process with virtual environment</i>	Referencial teórico
Scopus	L. Schwabe, O.T. Wolf (2013)	<i>Stress and multiple memory systems: from ‘thinking’ to ‘doing’</i>	Referencial teórico
Scopus	A. Hopkins (2011)	<i>Management walk-arounds: Lessons from the Gulf of Mexico oil well blowout</i>	Referencial teórico
Scopus	J.C. Le Coze (2012)	<i>What have we learned about learning from accidents? Post-disasters reflections</i>	Referencial teórico

Além destes nove *papers* selecionados para um estudo mais específico e aprofundando, outros sete *papers*, apresentados na Tabela 5, foram indicados pelo professor orientador, perfazendo um total de 16 textos no conjunto de *papers* que serão estudados mais profundamente.

Tabela 5 – Papers indicados pelo professor orientador para estudo aprofundado
(Fonte: Elaboração do autor, 2013)

Autor (es)	Texto indicado
F. Delmotte (2003)	<i>A sociotechnical framework for the integration of human and organizational factors in project management and risk analysis</i>
W. Salem (2009)	<i>An integrated method for improving risk analysis using human factors methods and virtual reality</i>
J. Mitman (2002)	<i>Guidance for incorporating organizational factors into nuclear power plant risk assessments</i>
P. Baybutt (2001)	<i>Human factors in process safety and risk management: needs for models, tools and techniques</i>
A. Widdowson, D. Carr (2002)	<i>Human factors integration: implementation in the onshore and offshore industries</i>
S. Sklet et al (2006)	<i>Incorporating human and organizational factors in risk analysis for offshore installations</i>
T. Aven et al (2006)	<i>Methodology for incorporating human and organizational factors in risk analysis for offshore installations</i>

2.3 Estudo dos Textos Pesquisados nas Bases de Dados

Os 16 *papers* selecionados para um estudo mais específico e aprofundado, apresentados no subcapítulo 2.2 anterior, serão analisados sob a perspectiva dos seguintes temas: alocação de fatores humanos, critérios de análises de riscos, métodos de investigação de acidentes, ergonomia cognitiva e sua relação com o trabalho, o conceito de falha humana nos acidentes, a interação do ser humano com sistemas complexos de trabalho, dentro outros de grande relevância para este estudo.

O principal objetivo deste estudo mais apurado é identificar como estes textos poderão trazer contribuições científicas e práticas efetivas para a elaboração da presente dissertação. A seguir, será apresentado um resumo destes 16 textos, onde os pontos de maior relevância para o presente estudo serão destacados. Além disso, o estudo aprofundado destes papers servirá de matéria-prima para o refinamento e conclusão da metodologia desta dissertação.

Um resumo do estudo aprofundado dos nove *papers* selecionados está logo a seguir.

- *Paper 01 – R. P. E. Gordon (1998), The contribution of human factors to accidents in the offshore oil industry*, apresenta um estudo relativo aos relatórios de investigação de acidentes de 25 empresas que atuam na área *offshore* do Mar do Norte – Reino Unido, analisando estes relatórios em relação aos fatores humanos e aos riscos dos sistemas complexos *offshore*. Segundo o autor, tradicionalmente, entende-se que o estudo de fatores humanos é o estudo da interação entre homem e máquina. Entretanto, pesquisas mais recente indicam que e o estudo de fatores humanos é, na verdade, o estudo da interação entre fatores organizacionais, de grupo e individuais. Neste contexto, fatores organizacionais dizem respeito às políticas de segurança da empresa; fatores de grupo dizem respeito à cultura de segurança do ambiente de trabalho e; por fim, fatores individuais dizem respeito à percepção de risco inerente de cada indivíduo. Segundo alguns especialistas, somente a falha deste último – fatores individuais – é o que se pode efetivamente se classificar como erro humano. Neste estudo, evidenciaram-se várias diferenças entre os relatórios de investigação de acidentes destas 25 empresas, em relação à estrutura, aos parâmetros analisados, à clareza das descrições e à abordagem dos fatores humanos. Na conclusão deste estudo, apresentam-se sugestões para uma abordagem de fatores humanos comum aos relatórios de acidentes destas empresas, levando em consideração as características dos riscos dos modernos sistemas complexos *offshore* e a visão mais contemporânea de fatores humanos, que abrange as dimensões organizacionais, de grupo e individuais.

- *Paper 02 - S. G. Kariuki, K. Lowe (2007), Integrating human factors into process hazard analysis*, apresentam que, de acordo com as estatísticas, mais de 80% dos acidentes que ocorrem em indústrias químicas e petroquímicas possuem a falha humana como um dos fatores causadores deste evento indesejável. Para corroborar esta afirmação, apresentam grandes acidentes que estão dentro destas estatísticas como, por exemplo, *Bhopal*, na Índia, em 1984 e *Piper Alpha*, no Mar do Norte, em 1988. Segundo os autores, uma análise de riscos efetivamente abrangente deve contemplar as causas relacionadas aos fatores humanos. Neste texto, os autores descrevem uma abordagem sistemática de análise de riscos que identifica a

influência dos fatores humanos nos acidentes desde a concepção das plantas industriais, ou seja, desde o projeto. Esta identificação busca mostrar que o chamado erro humano não é um ato isolado de um operador, mas sim a consequência do desvio de desempenho deste, quando influenciado por fatores gerenciais, organizacionais e da cultura de segurança da empresa. Consideram, para esta análise, o erro humano como o evento topo da análise de riscos de fatores humanos, sendo esta análise qualitativa, ou seja, identifica as condições, fatores e desvios que resultaram neste evento topo, mas não quantifica estatísticas de desempenho ou probabilidade de erros. Este estudo também destaca que as atividades das indústrias petroquímicas e de petróleo, hoje, possuem as mesmas complexidades que as atividades das indústrias nucleares, de aviação e transporte marítimo. De forma geral, este método proposto pelos autores possibilita entender que o erro de um operador não é o único fator contribuinte para a ocorrência de um evento indesejável, mas sim uma combinação de todos os fatores que influenciam o desempenho das pessoas e das equipes de trabalho.

- *Paper 03 - P. C. Cacciabue (2000), Human factors impact on risk analysis of complex systems*, estuda a alocação de fatores humanos nas análises de riscos tradicionais de modernos sistemas complexos. Segundo o autor, os eventos acidentais dos modernos sistemas complexos tendem a evidenciar o erro humano, devido sua alta tecnologia e confiabilidade e a alta complexidade das suas malhas de controle. É importante perceber que as modernas malhas de controle e o uso intensivo da automação de processos industriais transformou progressivamente o trabalho do operador, transformando-os em supervisores de sistemas que tomam ações automáticas para controlarem os seus próprios desvios dos processos. Este novo ambiente operacional mostra que as funções cognitivas e os fatores organizacionais influenciam mais na análise de riscos destes sistemas complexos do que o desempenho físico e comportamental. E de fato, ao longo dos últimos 10 anos, as metodologias de análise de riscos veem evoluindo, buscando uma nova abordagem que possa satisfazer as exigências e especificações da análise dos fatores humanos sob a égide cognitiva e organizacional. Este estudo apresenta uma nova estrutura de análise de risco, uma avaliação de confiabilidade humana, cuja

metodologia é constituída dos seguintes elementos: análise retrospectiva e prospectiva, análise de tarefas, identificação de parâmetros e dados, interação homem-máquina e modelagem dinâmica de confiabilidade. Concluindo, a aplicação desta avaliação de risco que considera a confiabilidade humana, quando utilizada para estudar situações de risco nas modernas plantas industriais, visa buscar não só as causas dos acidentes e erros humanos, mas também consolidar uma base de dados que considera questões relativas à interação cognitiva e organizacional, contribuindo positivamente para o gerenciamento de riscos dos modernos sistemas tecnológicos complexos.

- *Paper 04 - S. A. Shappell et al (2013), Human factors investigation and analysis of accidents and incidents*, segundo o autor, alguns especialistas afirmam que cerca de 60 a 80% das causas de acidentes em plantas industriais complexas, de alto riscos, estão associados ao chamado erro humano. Para gerenciar estes erros, profissionais da área de qualidade e da área de segurança, ambos preocupados com o desempenho dos trabalhadores, buscam identificar os fatores que causam estes desvios. A análise de riscos tradicional, que tem apresentado sucesso sendo utilizada para identificar a causa de acidentes de processos e de engenharia, é uma ferramenta adequada para se buscar a causa do erro humano, mas precisa ser modificada para abordar as complexidades e as particularidades dos fatores humanos. Um dos passos para a abordagem dos fatores humanos na gestão de riscos é a obtenção de dados, que no caso de fatores humanos, segundo o autor, pode ser prejudicada com a adoção de formas específicas de erros humanos. É necessário identificar e analisar o erro que causou o evento acidental, identificar e analisar a correção deste erro e, por fim, fazer sua correção e monitorar sua efetividade. De forma a corroborar esta linha de pensamento, o autor cita a teoria do “queijo suíço”, de *Reason (1991)*, e explica que os “buracos no queijo” são pontos de falha nas barreiras de segurança do sistema e, algumas destas barreiras, estão associadas aos fatores humanos. Para atuar na identificação e correção destes erros, a Análise e Classificação de Fatores Humanos aborda o erro humano como o resultado de diversos fatores, do indivíduo – operadores e gerentes – e da organização, trazendo uma abordagem de investigação singular, onde se procura as

razões do porquê de um erro ter acontecido, ao invés de simplesmente buscar um indivíduo para ser identificado como o culpado.

- *Paper 05 - P.V.R. Carvalho, I.L. Santos et al (2007), Safety implications of cultural and cognitive issues in nuclear power plant operation*, apresentam um estudo das questões culturais e cognitivas relacionadas ao trabalho de operadores de uma usina nuclear, durante sua rotina normal de trabalho e em simulações de emergência. Após o acidente na usina nuclear de *Three Mile Island* em 1979, onde o “erro humano” foi destacado como o maior componente da falha do sistema, o comportamento humano começou a ser tratado com a mesma importância que as questões tecnológicas (*hardware*). Desde então, os sistemas de controle das organizações têm buscado reduzir a interferência do ser humano em sistemas de alto risco, pois a ação humana é uma fonte potencial de erros e de violação de procedimentos. No entanto, sob outra diferente perspectiva, a interferência do ser humano, seus erros e violações, são considerados um método inovador utilizado por esses especialistas para lidar com as complexas situações da rotina de trabalho. Os exemplos práticos presentes neste estudo mostraram as estratégias cognitivas que surgiram em situações de tensão, como, por exemplo, procedimentos incompatíveis e pressões para executar tarefas, que podem modificar sobremaneira a cultura – a maneira de executar tarefas – dos operadores da sala de controle. Na conclusão deste estudo, os autores pontuam que as questões culturais e cognitivas vão além das questões normativas prescritas pela organização, pontuando questões importantes quanto às violações e sugestões para o aumento de desempenhos dos operadores.

- *Paper 06 - J. Ren, I. Jenkinson et al (2008), A methodology to model causal relationships on offshore safety assessment focusing on human and organizational factors*, os autores apresentam uma metodologia para modelar relações causais, que considera atributos relacionados às pessoas, à organização e à interação entre estes dois entes, analisando as múltiplas situações de riscos presentes em sistemas complexos *offshore* e os dados oriundos de diversas fontes. Para tal, utiliza a teoria

do “queijo suíço”, de Reason (1991), para formar uma estrutura de análise de riscos *offshore*; e a teoria das redes bayesianas, adaptada, para construir um modelo de relação causal. Baseado em uma revisão de literatura, uma estrutura de cinco níveis de análise será proposta, que será formada por: nível de causas raízes, nível de eventos iniciadores, nível de incidentes, nível de acidentes e nível de consequências. Para consolidar toda a teoria desta metodologia proposta, os autores apresentam um estudo de caso, através da elaboração uma análise de riscos, na área *offshore*, analisando os riscos de uma colisão entre um petroleiro, que armazena e transporta petróleo, com uma plataforma de produção marítima do tipo FPSO (*Floating, Production, Storage and Offloading*) durante uma operação de transferência de petróleo do FPSO para o petroleiro. Em sua conclusão, os autores demonstram que a teoria do “queijo suíço” e as redes bayesianas podem ser usadas em conjunto para uma abrangente análise de riscos de sistemas complexos *offshore*; e que a sua estrutura de cinco níveis de análise é validada pelas redes bayesianas capazes de prover demonstração gráfica das inter-relações, bem como calcular valores numéricos das probabilidades de ocorrência de cada falha.

- Paper 07 - **G.J.M. Reada, M.G. Lennéa, S.A. Moss** (2012), *Associations between task, training and social environmental factors and error types involved in rail incidents and accidents*, analisa os fatores humanos, processos organizacionais e decisões gerenciais, bem como o contexto social e ambiental mais abrangente que contribuem para a ocorrência de acidentes/incidentes nas ferrovias australianas. Menciona a futilidade em se focar a investigação do acidente apenas nos erros cometidos pelo efetivo executor da tarefa. A ferramenta utilizada no estudo foi o CFF (*Contributing Factors Framework*), a qual é desenvolvida por meio da análise e tratamento de dados referentes a acidentes/incidentes ocorridos nestas ferrovias. Três hipóteses foram propostas e confirmadas pelas análises dos dados: demandas específicas da tarefa (como, por exemplo, excesso de trabalho, distrações e pressão) estão associadas à imperícia; a falta de conhecimento e de experiência na execução da tarefa e deficiências de treinamento estão associadas a falhas; fatores relativos ao ambiente social (aspectos culturais dos grupos de trabalho) estão associados a violações. Tais hipóteses estão altamente ligadas à ocorrência dos

acidentes/incidentes. O método de estudo foi bastante detalhado e os resultados expostos em tabelas de fácil visualização e entendimento. O estudo conclui que a análise dos acidentes passados pode prover informações vitais sobre deficiências do sistema, as quais podem levar a futuros acidentes/incidentes. Foram obtidas, pelo estudo, informações sobre quais fatores podem influenciar os indivíduos a cometer certos tipos e faltas ou de violações, bem como informações sobre as condições locais e fatores organizacionais que contribuem para a ocorrência de eventos indesejáveis.

Complementando o estudo deste paper, uma ilustração extremamente atual sobre quão catastróficos podem ser tais acidentes em ferrovias, pode-se citar o ocorrido em 24 de Julho de 2013 na Espanha, precisamente em *Santiago de Compostela*, quando 79 pessoas perderam a vida em um acidente de trem. Uma das manchetes relativas a este acidente dizia “Maquinista de acidente de trem na Espanha recebeu três avisos para frear”, evidenciando claramente a necessidade de estudo dos fatores humanos em acidentes envolvendo ferrovias.

- *Paper 08 - J.E. Vinnem (2010), Risk indicators for major hazards on offshore installations*, apresenta um estudo de indicadores de segurança para os riscos encontrados em plantas industriais *offshore*, baseado nas regulamentações exigidas pelos órgãos oficiais de segurança da Noruega, o *Petroleum Safety Authority Norway*. Segundo o autor, os principais objetivos dos principais indicadores de riscos é manter alto nível de conhecimento, motivação e dar ênfase na prevenção contra grandes riscos. É importante que estes e outros indicadores que são utilizados tenham certo volume de dados, e algumas flutuações regularmente, de modo a criar uma base de dados para a manutenção de alto nível de conhecimento e motivação. Os eventos de grande risco ocorrem tipicamente com uma frequência média de uma vez por ano em instalações *offshore* e isto é insuficiente para construir uma base de dados para indicadores de risco de alto nível. Concluindo, o autor afirma que, se os indicadores de segurança de eventos de grande risco podem auxiliar na manutenção da alta consciência de segurança, estes são elementos importantes na prevenção

de acidentes graves, como, por exemplo, o da plataforma, *Piper Alpha*, no Mar do Norte, em 1988.

- *Paper 09 - W.S. Marras, P.A. Hancock (2013), Putting mind and body back together: A human-systems approach to the integration of the physical and cognitive dimensions of task design and operations*, afirmam que os especialistas em fatores humanos e ergonomia são profissionais que atuam no estudo da interação entre o sistema físico – equipamentos e processos – e o sistema cognitivo – pessoas. A análise desta interação deve considerar o desempenho e o comportamento humano, bem como a arquitetura e a engenharia de equipamentos e processos. A primeira abordagem desta interação surgiu na II Guerra Mundial, em relação ao erro humano de pilotos de aviação, onde o comportamento cognitivo do piloto frente aos comandos do avião foi estudado, em conjunto com as relações físicas (antropométricas) do piloto com o *cockpit*. No entanto, o estudo da cognição e das relações físicas, por si só, não são suficientes para um estudo completo da interação entre homem e a máquina. É necessário, também, abordar as relações do ser humano com os sistemas, processos e demais agentes que formam esta complexa interação, gerando uma visão organizacional. Ou seja, o autor afirma que um estudo da relação dos fatores humanos com os modernos sistemas complexos, deve abordar todas as interações do ser humano com os sistemas e subsistemas em que atua, sobretudo porque os contextos organizacionais podem ser considerados o cenário inicial para o estudo das questões cognitivas e físicas. Afinal, “o ser humano é a medida de todas as coisas.”.

Em complemento ao estudo aprofundado dos *papers* selecionados, um resumo do estudo aprofundado dos *papers* indicados pelo professor orientador está logo a seguir.

- *Paper 10 - F. Delmotte (2003), A sociotechnical framework for the integration of human and organizational factors in project management and risk analysis*,

apresenta um estudo com objetivo principal de integrar fatores humanos e aspectos organizacionais no gerenciamento de projetos e em análises de riscos. Para isso, define fatores humanos como todos aqueles elementos de um sistema, que interagem entre si ou com outros elementos distintos, e que possuem direta relação com aspectos relativos ao ser humano. Segundo o autor, é necessário adotar esta definição e fazer uma mudança, adotando uma nova abordagem nos atuais projetos centrados em tecnologia que considerem questões sociotécnicas e organizacionais. Uma disciplina que pode fazer esta nova abordagem é a integração de fatores humanos, que cobre diferentes domínios de fatores humanos, tais como força de trabalho, indivíduos, treinamento, ergonomia, segurança e saúde. Com isso, o autor consegue mostrar, ao longo de seu estudo, diversas relações de interação de fatores humanos e fatores organizacionais com os elementos do gerenciamento de projeto e análise de riscos, desmistificando este assunto e trazendo uma abordagem racional, concisa e contemporânea quanto aos aspectos humanos relevantes para estas disciplinas.

- *Paper 11 - W. Salem (2009), An integrated method for improving risk analysis using human factors methods and virtual reality*, segundo o autor, uma grande causa dos acidentes e perdas nas indústrias químicas de processos é o erro humano, mas este não consegue ser apropriadamente estudado, pois as análises de riscos convencionais focam mais na descrição de falhas tecnológicas do que na consideração dos aspectos humanos. Destes erros humanos, os mais comuns são: reparos inadequados, inspeções inadequadas, falha em procedimentos (na sua elaboração e na sua utilização), utilização de materiais ou ferramentas impróprios e falhas de operação. Um dos motivos destes erros acontecerem é a mudança do perfil do operador, que migrou de uma posição de operação basicamente manual, para uma nova posição de supervisão dos modernos sistemas complexos industriais. Buscando melhorar esta situação negligenciada dos fatores humanos, o autor estuda um método integrado de análise de riscos que considera o impacto da ação do ser humano nos sistemas sociotécnicos complexos, valendo-se da realidade virtual para fazer um levantamento e estudo de cenários de segurança relevantes para as indústrias químicas. Desta forma, busca-se não somente um

melhor entendimento da interação do ser humano com as plantas industriais, mas também um aumento da confiabilidade dos modernos sistemas sociotécnicos complexos.

- *Paper 12 - J. Mitman (2002), Guidance for incorporating organizational factors into nuclear power plant risk assessments*, apresenta um estudo para auxiliar plantas industriais de energia nuclear a determinar a influência dos fatores organizacionais em sua segurança, riscos e viabilidade econômica, patrocinado por organismos governamentais norte-americanos e britânicos. Ao longo das últimas duas décadas, a indústria de energia nuclear devotou grande atenção para os conceitos relacionados à segurança de reatores, análise de riscos probabilística e gerenciamento de riscos. Devido ao sucesso das análises de riscos probabilísticas, estas foram também utilizadas para identificar os riscos dentro da sala de controle, tais como riscos associados às tomadas de decisões dos operadores. Considerando que alterações nos fatores organizacionais poderão sistematicamente evoluir e impactar o desempenho dos operadores, é feita por este estudo a análise destes riscos através dos conceitos e técnicas das análises de riscos probabilísticas. Quando uma análise destas é feita com adequada precisão, a influência dos fatores organizacionais pode ser substancialmente alterada, contribuindo para aumentar a segurança das plantas de energia nuclear, ou para pelo menos prover um melhor entendimento das causas dos fatores de risco.

- *Paper 13 - P. Baybutt (2001), Human factors in process safety and risk management: needs for models, tools and techniques*, apresenta a necessidade de se considerar o estudo dos fatores humanos nos processos industriais de plantas *offshore* e *onshore*. Segundo o autor, recentes exigências governamentais e recomendações das indústrias estão focando seus interesses nos fatores humanos dentro dos processos industriais. Tais recomendações estão sugerindo a consideração dos fatores humanos como parte das análises de riscos industriais. Dentro deste contexto, percebe-se que as pessoas são um elemento chave dos processos industriais, pois todas as etapas do ciclo de vida de uma planta de

processo possuem algum envolvimento com fatores humanos. Apesar disso, questões relacionadas aos fatores humanos são amplamente ignoradas nos projetos de plantas industriais de processo, perdendo o melhor momento de serem implementadas, garantindo a segurança da planta desde a sua origem. Com isso, verifica-se claramente a necessidade de que este assunto seja mais plenamente compreendido e ferramentas de análise sejam desenvolvidas, possibilitando que o estudo de fatores humanos seja feito mais rotineiramente.

- *Paper 14* - **A. Widdowson, D. Carr (2002)**, *Human factors integration: implementation in the onshore and offshore industries*, traz o conceito de fatores humanos como uma parte central no desenvolvimento de projetos e processos industriais. Segundo o autor, a experiência mostra que é ineficaz alocar os fatores humanos em uma fase posterior. Os riscos associados aos fatores humanos podem ser evitados, se estes forem considerados o mais cedo possível no processo de concepção, como também ao longo do desenvolvimento dos projetos. Considerando estas colocações, o objetivo deste documento é fornecer orientações para a integração dos fatores humanos na concepção de projetos e sistemas para de plantas industriais *onshore* e *offshore*. Basicamente, a integração dos fatores humanos se faz pela análise multidisciplinar do que o autor chama de áreas, ou domínios, da integração dos fatores humanos, que são: equipes de trabalho, indivíduos, treinamento, engenharia de fatores humanos, riscos à saúde e sistemas de segurança. Ou seja, a integração de fatores humanos não é uma atividade estanque e os melhores resultados desta integração somente poderão ser obtidos através da consideração dos aspectos de fatores humanos ao longo de todo o desenvolvimento do sistema ou projeto.

- *Paper 15* - **S. Sklet et al (2006)**, *Incorporating human and organizational factors in risk analysis for offshore installations*, apresenta a proposta da metodologia de uma nova ferramenta de análise de riscos intitulada BORA (*Barrier and Operational Risk Analysis*) – Análise de Barreiras (de proteção) e Riscos Operacionais. Esta ferramenta foi desenvolvida para a análise de riscos de instalações *offshore* de

produção de petróleo e gás. É uma ferramenta para a análise quantitativa de riscos, apresentando uma estrutura de construção baseada em diagramas em bloco de barreiras, árvores de eventos, árvores de falhas e diagramas de influência. Esta estrutura do BORA pode ser vista como uma extensão de uma análise quantitativa de risco *offshore*, mas não é, pois apresenta algumas características particulares: as árvores de falhas e as árvores de eventos estão integradas em uma mesma ferramenta de análise de risco; apresenta um modelo detalhado de barreiras de perda de contenção e incorpora as funcionalidades das atividades operacionais como barreiras de proteção operacionais. Ou seja, o BORA é uma ferramenta de análise de risco quantitativa mais detalhada que as demais, pois inclui mais detalhadamente os fatores de riscos que influenciam no risco total das unidades *offshore*.

- Paper 16 - **T. Aven et al (2006)**, *Methodology for incorporating human and organizational factors in risk analysis for offshore installations*, basicamente apresenta o mesmo estudo que S. Sklet et al (2006), ou seja, a proposta da metodologia de uma nova ferramenta de análise de riscos intitulada BORA (*Barrier and Operational Risk Analysis*) – Análise de Barreiras (de proteção) e Riscos Operacionais. Verifica-se que autores de ambos os papers são os mesmos, a saber: Snorre Sklet (NTNU/SINTEF, *Trondheim, Norway*), Terje Aven (UiS, *Stavanger, Norway*), Stein Hauge (SINTEF, *Trondheim, Norway*) e Jan Erik Vinnem (Preventor/UiS, *Stavanger, Norway*). Além disso, possuem a mesma diagramação de capítulos, sendo que os capítulos 2, 3 e 5 são idênticos; o capítulo 4 é praticamente idêntico, com apenas mudanças nas frases finais; e o capítulo 1, que é a introdução, é o único que é realmente diferente entre os textos. Diante disso tudo se pode afirmar que ambos os papers apresentam o mesmo conteúdo e buscam o mesmo objetivo.

3 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

Neste presente capítulo, serão abordadas as características do ambiente *offshore* de produção de petróleo e gás, os tipos de plataformas que operam neste local, os sistemas e equipamentos que compõe uma plataforma, as atividades principais que acontecem neste complexo ambiente de trabalho e as principais legislações aplicáveis a todo este processo de produção *offshore*.

3.1 Ambiente *offshore* e as plataformas de petróleo

De acordo com Figueiredo (2012), a indústria de petróleo pode ser dividida em três grandes segmentos distintos: o *upstream*, envolvendo as fases de exploração e produção; o *midstream*, que abrange os navios-tanque, oleodutos e demais equipamentos utilizados para transportar o óleo e o gás da área de produção para os terminais e refinarias; e o *downstream*, que consiste nas atividades de refino (para a obtenção de derivados), comercialização e distribuição para os consumidores destes derivados. Nesta dissertação, o foco do estudo será na área de *upstream*, mais precisamente na produção de óleo e gás em alto-mar.

Segundo Yergin (2010), as atividades de exploração e produção de petróleo *offshore*, ou seja, em alto-mar, começaram no início do século XX, nos EUA, na região do Golfo do México. Nesta mesma época, na região do Mar Cáspio, onde atualmente é o Azerbaijão, de acordo com Levine (2008), também surgem iniciativas de produção fora da costa, mas em escala bem menor do que a do Golfo do México. Para acontecer esta migração, ambos os casos se utilizaram da mesma iniciativa: adaptação das técnicas e equipamentos da produção em terra para a nova produção no mar, iniciando as transformações tecnológicas e operacionais que caracterizam a recente indústria *offshore* de produção de óleo e gás.

Até o final da década de 60, pode-se dizer que praticamente toda a atividade de exploração e produção de petróleo em alto-mar se limitou ao Golfo do México, com raras iniciativas em outras áreas. No entanto, após as duas grandes Crises do Petróleo, em 1973 e 1979, o aumento do preço do barril de petróleo possibilitou o crescimento da exploração de áreas até então classificadas como economicamente inviáveis. Neste contexto, duas promissoras áreas de produção *offshore* no Mundo receberam o aporte necessário para se tornarem províncias petrolíferas: o Mar do Norte, no Reino Unido, e as bacias sedimentares do litoral do Brasil.

Com isso, o Brasil se insere em posição estratégica na geopolítica do petróleo mundial, vindo a se tornar a mais importante província petrolífera *offshore* do mundo, sobretudo no que diz respeito a águas profundas e ultraprofundas.

3.1.1 Produção de óleo e gás offshore no Brasil

A produção de petróleo em alto mar no Brasil começou em 1969, na Bacia de Sergipe, campo petrolífero de Guaricema, situado a uma lâmina d'água de aproximadamente 30 m de profundidade. Com o desenvolvimento da indústria *offshore* do Brasil, outras regiões foram sendo descobertas, iniciando em 1975 a produção dos campos de Ubarana e Agulha, no litoral do Rio Grande do Norte. Pouco tempo depois, em 1977, iniciou-se a produção do Campo de Enchova, na região da Bacia de Campos, no litoral do Rio de Janeiro. Desde este momento, até os dias de hoje, esta é maior província petrolífera do Brasil e, de acordo com a ANP, em números atuais, esta região é responsável por quase 80% da produção de óleo e gás no país.

Ao longo dos anos, a Bacia de Campos se desenvolveu e despontou como uma das maiores regiões *offshore* de produção de petróleo do Mundo, ganhando destaque as operações de produção em águas profundas e ultraprofundas da Petrobras, estatal brasileira responsável por mais de 90% das operações *offshore* desta região. E de fato, em 1992, esta empresa recebe o Prêmio *Distinguished Achievement Award* da OTC (*Offshore Technology Conference*), por sua contribuição tecnológica para a

produção em águas profundas. Nesta região, um dos campos de produção com maior profundidade de lâmina d'água é o de Roncador, situado a 1886 m.

O desenvolvimento e crescimento tecnológico da atividade *offshore* da Bacia de Campos alimentou a busca e exploração de regiões petrolíferas cada vez mais distantes e profundas do litoral brasileiro. Todo este movimento, associado ao crescimento mundial de consumo de petróleo e seus derivados no Mundo, culminou em 2007 na revelação da mais recente província petrolífera *offshore* do Brasil: o Pré-sal, uma região petrolífera que se estende do litoral do Espírito Santo até o de Santa Catarina, passando por Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná, em lâminas d'água da ordem de 1500 a 3500 m.

Percebe-se que os limites tecnológicos de se alcançar distâncias e profundidades cada vez maiores dos poços de petróleo, exigem também sistemas de produção condizentes com estes limites, que possam lidar com variáveis físicas, tais como temperatura e pressão, cada vez mais críticas. Indo ao encontro desta exigência, as atuais plataformas de petróleo *offshore* são dotadas de dispositivos elétricos, eletrônicos e mecânicos cada vez mais modernos, tornando-se um complexo sistema sócio tecnológico, que exige um entendimento e uma interação cada vez maior das pessoas que operam, reparam, inspecionam e vivem nestas fortalezas de aço e tecnologia em alto-mar.

3.1.2 Plataformas de petróleo offshore

Como já visto, o início da produção de petróleo em alto mar no Mundo aconteceu no Golfo do México, exigindo que os norte-americanos construíssem as primeiras plataformas *offshore* para este fim. A migração tecnológica de terra para o mar, como era de se esperar, não foi simples, ocorrendo uma série de acidentes, às pessoas e ao meio-ambiente. No entanto, com o passar do tempo, as plataformas de petróleo evoluíram e se tornaram cada vez mais funcionais e seguras.

De acordo com Thomas (2004), as primeiras unidades de perfuração marítimas eram simplesmente sondas terrestres montadas sobre uma estrutura para perfurar

em águas rasas. Eram empregadas as mesmas técnicas utilizadas em terra, que funcionavam com sucesso por algum tempo. No entanto, a necessidade de perfurar em águas mais profundas fez surgir novos tipos de equipamentos e técnicas especiais orientadas especificamente à perfuração em alto-mar.

Atualmente, existem diversos tipos de plataformas *offshore*, cada uma projetadas de acordo com as necessidades de exploração e produção das diversas, e bem diferentes, províncias petrolíferas do Mundo. Segundo Thomas (2004), o emprego de cada um destes tipos fica condicionado à lâmina d'água, condições de mar, relevo do fundo do mar, disponibilidade de apoio logístico e, principalmente, a relação custo benefício. Os tipos de plataformas *offshore* são:

- Plataformas fixas: a plataforma fixa, como pode ser visto na Figura 2, foi o primeiro tipo de unidades a serem utilizadas. Têm sido preferidas nos campos localizados em lâminas d'água de até 300 m e são responsáveis por grande parte do petróleo produzido no mar. As plataformas fixas são projetadas para receberem todos os equipamentos de perfuração, estocagem de materiais, alojamento de pessoal, bem como todas as instalações necessárias para a produção de poços.

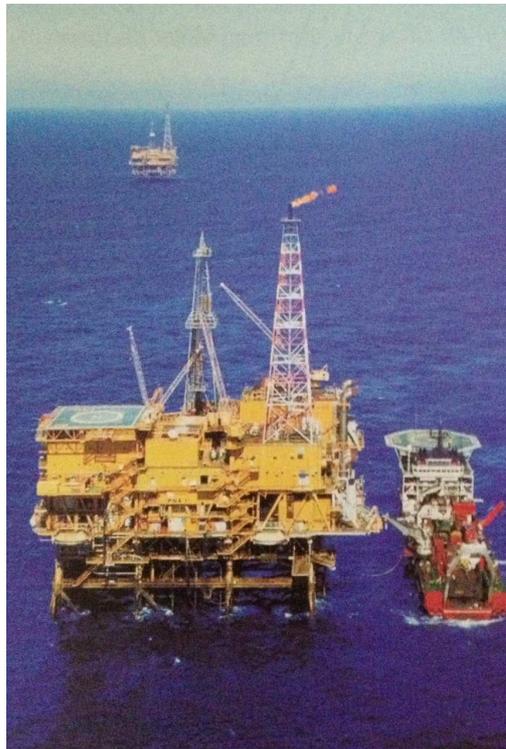


Figura 2 – Plataforma fixa
(Fonte: Thomas, 2004)

- Plataformas auto-eleváveis: as plataformas auto-eleváveis (PAs), como pode ser visto na Figura 3, são constituídas, basicamente, de uma balsa equipada com estruturas de apoio, ou pernas, que acionadas mecânica ou hidráulicamente, movimentam-se para baixo até atingirem o fundo do mar. Em seguida, inicia-se a elevação da plataforma acima do nível da água, a uma altura segura e fora da ação das ondas.



Figura 3 – Plataforma auto-elevável
(Fonte: Thomas, 2004)

- Plataformas submersíveis: as plataformas submersíveis constam de uma estrutura montada sobre um flutuador, utilizada basicamente em águas calmas, rios e baías com pequena lâmina d'água. São deslocadas até a locação com auxílio de rebocadores. Ao chegar à locação, são lastreadas até seu casco inferior se apoiar no fundo, em geral macio e pouco acidentado. A sua utilização é limitada devido à sua pequena capacidade de lâmina d'água.
- Plataformas flutuantes: as plataformas flutuantes podem ser semi-submersíveis, de acordo com a Figura 4, ou navios-sonda, de acordo com a Figura 5. As primeiras são compostas, basicamente, de uma estrutura com um ou mais conveses, apoiados por colunas em flutuadores submersos. Os navios-sonda foram inicialmente adaptados, mas hoje são projetados especialmente para a perfuração. Uma unidade flutuante sofre movimentações devido à ação das ondas, correntes e ventos, com

possibilidade de danificar os equipamentos a serem descidos no poço. Assim, é necessário que ela fique posicionada na superfície do mar, dentro de um círculo com raio de tolerância ditado pelos equipamentos de sub-superfície. Dois tipos de sistemas são responsáveis pelo posicionamento da unidade flutuante: sistema de ancoragem ou sistema de posicionamento dinâmico.



Figura 4 – Plataforma semi-submersível
(Fonte: Thomas, 2004)



Figura 5 – Navio sonda
(Fonte: Thomas, 2004)

- Plataformas *Tension Leg*: são plataformas usadas para desenvolvimento de campos. Sua estrutura é bastante similar à plataforma semi-submersível, sendo que suas pernas principais são ancoradas no fundo do mar por meio de cabos tubulares. O grau de flutuação da plataforma possibilita que as pernas mantenham-se tracionadas, reduzindo severamente o movimento da plataforma. Assim, as operações de perfuração e de produção são iguais as da plataforma fixa.

Dentro do rol das plataformas flutuantes, há ainda dois tipos importantes de unidades, muito utilizadas na Bacia de Campos, a saber:

- *FPSOs (Floating, Production, Storage and Offloading)*: são unidades flutuantes de produção, armazenamento e transferência de petróleo e gás, representada na Figura 6. Na maioria dos casos, são navios petroleiros convertidos para unidades de produção, mas há também projetos desenvolvidos exclusivamente para serem FPSOs desde a sua gênese. São unidades ancoradas em um local definido, sendo sua estabilidade garantida por uma série de sistemas de controle dinâmico. Em seus conveses, são instaladas plantas de processo para separar e tratar os fluidos produzidos pelos poços. Depois de separado da água e do gás, o óleo produzido pode ser armazenado nos tanques do próprio navio ou transferido para terra através de navios aliviadores ou oleodutos. O gás é expedido através de navios de LGN ou gasodutos, sendo que grande parte deste combustível é utilizado na própria plataforma para a geração de energia e elevação artificial de petróleo, chamada de *gas-lifting*. A água, quando não é re-injetada nos poços, pode ser descartada no mar, desde que os rigorosos padrões de qualidade do órgão ambiental sejam obedecidos.



Figura 6 – Plataforma FPSO P-50, operada pela Petrobras
(Fonte: www.petrobras.com.br, acesso em Agosto/2013)

- FSO (*Floating, Storage and Offloading*): são unidades flutuantes de armazenamento e transferência de petróleo e gás, representada na Figura 7. Não possuem nenhum tipo de planta de processamento, como também não possuem nenhum poço interligado. Estas unidades apenas armazenam o óleo produzido por uma ou mais unidades semi-submersíveis ou FPSOs, fazendo a transferência para um navio aliviador.



Figura 7 – Plataforma FSO
(Fonte: Apostila de Engenharia Submarina, Universidade Petrobras, 2011)

3.2 Sistemas de uma plataforma de petróleo offshore

Como já visto nos subcapítulos anteriores, há diversos tipos de plataforma, que produzem em diferentes condições de mar e de profundidade e, por isso, são utilizados diferentes tipos de sistemas e equipamentos, para se adequar às condições específicas de cada uma das unidades de produção.

Como o objetivo deste estudo não é descrição minuciosa de todos estes sistemas presentes em uma plataforma *offshore*, será feita uma descrição abrangente, mas objetiva, dos principais sistemas utilizados na maioria das plataformas que operam na Bacia de Campos. Não obstante, será dado enfoque aos sistemas das unidades flutuantes FPSOs, pois este tipo de unidade é o local onde as pesquisas desta dissertação foram realizadas.

3.2.1 Sistema de Ancoragem e Posicionamento

Um sistema de ancoragem é um conjunto de linhas de tração compostas por diferentes materiais e âncoras ou estacas, que transferem os esforços que agem sobre a plataforma para o solo do leito submarino. Os sistemas de ancoragem podem ser classificados como convencionais ou por tendões, também conhecidos como *taut-leg*. No sistema de ancoragem convencional, a unidade flutuante permanece fisicamente conectada ao fundo do mar através de cabos de aço ou correntes. Tais conexões físicas são chamadas de linhas de ancoragem e as suas extremidades são fixadas ao solo através de âncoras, fazendo com que as solicitações de esforço sejam transferidas para o solo. Por sua vez, o sistema de ancoragem por tendões, ou *taut-leg*, é uma estrutura de amarração disposta em catenária, cujas linhas de amarração formam ângulos de 45° com a estaca de sucção, encravada no leito submarino. Estas linhas de amarração podem ser de aço, materiais sintéticos ou qualquer outro que suporte as condições de tração em

ambiente submarino. Nas plataformas *offshore* utilizadas na Bacia de Campos, há unidades utilizando tanto o sistema de ancoragem convencional, quanto o *taut-leg*.

3.2.2 Sistema de Captação e Distribuição de Água Salgada

O propósito principal do sistema de captação e distribuição de água salgada é fornecer água do mar para a planta de processo e para os sistemas de utilidades. Antes de retornar ao mar, esta água é tratada e tem sua temperatura controlada. Parte desta água salgada vai para o sistema de dessalinização e, uma vez retirado o sal e contaminantes, será utilizada para consumo humano ou industrial. Em unidades que possuem piscina em sua área de vivências, esta é alimentada com água do mar, podendo ou não receber aquecimento.

3.2.3 Sistema de Distribuição de Água Doce

A água doce produzida na plataforma pelo sistema de dessalinização é enviada para armazenamento em tanques específicos para água doce, onde então é distribuída para os demais sistemas da unidade. Para o recebimento de água doce de embarcações de apoio, há tomadas com conexão universal para mangueiras nas estações de recebimento da unidade, independentes de outras tomadas de recebimento, como, por exemplo, a de óleo diesel. O consumo de água doce divide-se em consumo de água para uso humano e para uso industrial.

3.2.4 Sistema de Água de Resfriamento

O sistema de água de resfriamento tem o objetivo de receber a energia térmica das correntes de processo e realizar uma troca térmica. O sistema é fechado utilizando água doce, e a água aquecida que retorna do processo é resfriada em

equipamentos chamados de trocadores de calor. A água captada do mar, em alguns casos, também é usada como fluido trocador de calor de processos.

3.2.5 Sistema de Ar Comprimido

O ar comprimido requerido pelos instrumentos e sistemas da plataforma é fornecido por unidades de ar comprimido, composta de compressores de ar, havendo sempre uma unidade reserva, para o caso de alto consumo de ar comprimido ou situações de emergência. O ar comprimido precisa ser seco e livre de contaminante, sendo necessária a utilização de Unidades Secadoras de Ar. Antes de ser distribuído aos consumidores, o ar seco é armazenado em vasos de pressão específicos, sendo parte segregada para os serviços essenciais e de emergência.

3.2.6 Sistema de Ar Condicionado e Ventilação

A principal função deste sistema é garantir uma adequada climatização e, alguns casos, pressurização, das áreas de escritórios, dormitórios, cozinha, refeitórios, salas e banheiros da área de vivência e camarotes. Já para a área industrial, a função deste sistema é garantir climatização e pressurização das salas de painéis elétricos, salas de transformadores, salas de controle, salas de UPS, salas de baterias etc. Este sistema também desempenha uma importante função de segurança, pois os *dumppers* contidos nos dutos de distribuição controlam o fluxo de ar, evitando que nuvens de vapores ou gases inflamáveis cheguem ao interior do casario ou em salas onde existam equipamentos que possam ser fonte de ignição. Além disso, durante uma emergência envolvendo incêndio, este sistema também pode isolar regiões com fumaça, bem como controlar o fluxo de ar (comburente), de modo que atue na extinção do fogo. Nesta última situação, pode ser caracterizado como um *dumper* corta-fogo.

3.2.7 Sistema de Tratamento de Água Oleosa Produzida

Este sistema tem a finalidade de tratar a água oleosa oriunda dos equipamentos de processo – separadores de produção – e das unidades de tratamento de óleo. Uma vez tratada e dentro dos parâmetros físicos e químicos exigidos pelos órgãos ambientais, esta água tratada pode ser enviada para o mar. O óleo recuperado neste sistema é encaminhado para os tanques de *slop* da unidade, para ser posteriormente enviado para navios aliviadores ou re-injetado na linha de produção.

3.2.8 Sistema de Tratamento de Água e Efluentes

O sistema de drenagem da plataforma recebe as águas pluviais, efluentes de manutenção, limpeza de convés e equipamentos, que são coletados e enviados para o tanque de água oleosa de drenagem. Esta água oleosa é então tratada em equipamentos de processo e, assim como a água oleosa produzida, se estiver dentro dos parâmetros físicos e químicos exigidos, poderá ser enviada para o mar. O óleo recuperado também é encaminhado para os tanques de *slop* da unidade.

3.2.9 Sistema de Geração e Distribuição de Energia Elétrica

O sistema principal de geração de uma plataforma de petróleo *offshore* é feito através de turbo-geradores alimentados pelo próprio gás produzido e tratado na unidade. O sistema de geração de emergência é composto por moto-geradores a óleo diesel, que entrarão em operação automaticamente nos casos de falta da geração principal. A maioria dos sistemas elétricos de distribuição de unidades de produção *offshore* é composto por um barramento principal de 13.8 kV, interconectado a barramentos secundários de média tensão, onde alguns equipamentos podem ser diretamente conectados. Por sua vez, os barramentos de média tensão alimentam os sistemas e equipamentos de baixa tensão. Além disso, a

plataforma também possui sistemas de UPS, com de baterias, que garantem o funcionamento de alguns sistemas vitais para segurança da plataforma que não podem sofrer interrupção em sua alimentação quando da queda da geração principal e posterior entrada ou falta da geração de emergência, tais como: detecção de gás e incêndio, iluminação de emergência, luzes de auxílio a navegação etc

3.2.10 Sistema de Lastro

O sistema de lastro é o responsável, nas unidades flutuantes, pela estabilidade da unidade. Este sistema é composto por vários tanques, que estão em diferentes pontos da plataforma, sendo interligados por tubulações e demais equipamentos. As bombas e demais dispositivos eletroeletrônicos deste sistema podem ser controlados pela sala de controle da plataforma, ou localmente, através do acionamento manual. A água utilizada neste sistema é captada do mar.

3.2.11 Sistema de Tancagem

O sistema de tancagem é composto por vários tanques, distribuídos ao longo da estrutura da plataforma, e são utilizados para armazenamento de petróleo, água de lastro, diesel, água doce, *slop*, rejeitos etc. Alguns destes tanques são interligados entre si através de bombas, válvula e tubulações. O controle da movimentação dos fluidos armazenados nos tanques é automatizado, monitorada, supervisionada e operada pela sala de controle da unidade, mas também permite operação local, quando não houver risco às pessoas. As bombas deste sistema são consideradas críticas e, por isso, há sistemas reservas de operação, de modo a garantir e plena operação do sistema, mesmo durante situações de emergência.

3.2.12 Sistema de Salvatagem

O sistema de salvatagem de uma plataforma é o responsável por garantir a retirada de todas as pessoas a bordo, em situações de emergência ou qualquer outra que seja necessário o abandono da unidade. No Brasil, os sistemas de salvatagem são dimensionados, instalados e inspecionados de acordo com as exigências da Marinha do Brasil e dos órgãos internacionais de segurança em embarcações – IMO (*International Maritime Organization*). Os equipamentos que compõe este sistema são: *lifeboats* (baleeiras), barcos de resgate, bote salva-vidas inflável, turcos, radares e *transponders*, bóias salva-vidas, coletes salva-vidas, sinalizadores e demais equipamentos necessários para situações de emergência em alto-mar.

3.2.13 Sistema de Proteção e Combate a Incêndio

Em uma plataforma de petróleo *offshore*, qualquer situação de incêndio é crítica e potencialmente perigosa para os ocupantes da unidade. Por isso, é necessário que o conceito de prevenção esteja presente muito antes de a unidade operar, ainda na fase do desenho do projeto. A proteção contra incêndios, no caso de plataformas *offshore*, é feita preliminarmente com sensores, que detectam a presença de gases ou vapores inflamáveis e desligam potenciais fontes de ignição. Além disso, os equipamentos elétricos e eletrônicos, quando localizados em áreas classificadas, possuem requisitos de fabricação, instalação e montagem capazes de não causarem a ignição de atmosferas explosivas. No entanto, uma vez que o incêndio aconteça, a plataforma também dispõe de sensores de fumaça e chama que acionam sistemas automáticos de combate a incêndio, como, por exemplo, aspersores, válvulas de dilúvio e sistemas fixo de CO₂. Sendo necessária a intervenção de pessoas para o combate ao incêndio, as plataformas possuem redes de canhões de espuma, rede de hidrantes e canhões de água do mar e dispositivos portáteis de extinção, bem como vestimentas e equipamentos de proteção para os combatentes, que são pessoas capacitadas e treinadas para este cenário.

3.2.14 Sistema de Movimentação de Cargas e Pessoas

Em uma plataforma *offshore*, o sistema de movimentação de cargas pesadas é feito por guindastes que ficam estrategicamente localizados no convés, sendo quase sempre posicionados na proa e popa da unidade. O modelo de guindaste mais utilizado é o eletro-hidráulico com lança articulada ou lança treliçada. Os limites de carga devem ser rigorosamente respeitados, sob o risco de um grande acidente ocorrer. Algumas plataformas dispõem de um sistema de movimentação de cargas por trilhos, no convés, de proa a popa, chamado de *troller* ou carrinho. Estatisticamente, na área *offshore* mundial, a maior quantidade de acidentes ocorre em atividades de elevação e movimentação de cargas.

Para o transporte de pessoas, preferencialmente, no Brasil, é feito através de helicópteros, sobretudo para plataformas que estejam distantes do litoral. Há também o transporte de pessoas via mar, através de embarcações especiais para este fim, atendendo plataformas mais próximas da costa. Apesar do transporte via mar não possuir o risco de queda de aeronave, alguns acidentes foram relatados no transbordo da embarcação para a plataforma, quando este ocorre através da chamada “cestinha”, que é basicamente uma boia inflável com cordas em formato piramidal, sendo movimentada pelo guindaste da plataforma.

3.2.15 Sistema de Produção Offshore

Um sistema de produção típico de um FPSO é composto por uma complexa estrutura submarina de poços produtores e injetores; linhas de produção, injeção de gás, injeção de água e umbilicais de controle; e ANMs – Árvores de Natal Molhadas e *manifolds* – conjunto de válvulas e conexões. Também faz parte do sistema de produção a transferência de óleo da plataforma para os navios-aliviadores, o chamado *offloading*; e a transferência de gás da plataformas para navios de LGN ou gasodutos. Cada poço possui uma ANM, que é conectada à plataforma através das

linhas de produção, que são dutos flexíveis chamados *risers*. Em cada linha de produção, são instaladas SDVs – válvulas de shutdown – que possuem o objetivo de isolar a plataforma dos poços quando houver condições anormais de processo. Já na superfície, no deck da plataforma, as linhas de produção são conectadas aos *manifolds* de produção, onde, para cada linha, há uma válvula *choke* que faz o controle da vazão de produção de cada poço.

Dentro do Sistema de Produção *Offshore*, as Árvores de Natal Molhadas, ou simplesmente ANMs, são equipamentos compostos por um conjunto de válvulas, conexões e tubulações que, resumidamente, desempenham as seguintes funções:

- Controlar a produção de óleo e gás, a injeção de água e a injeção de gás em uma coluna de produção.
- Permitir a passagem de sinal elétrico de sensores de temperatura e pressão, da coluna de produção e da própria ANM, para a plataforma.
- Permitir a passagem de sinal elétrico de sensores de temperatura e pressão, instalados na própria ANM, para a plataforma.

As ANMs é um equipamento constituído de válvulas de acionamento hidráulico, que objetivam o controle e segurança do poço, durante todas as atividades de produção, incluindo também a parada, emergencial ou controlada. Estas válvulas são acionadas pela plataforma através de umbilical hidráulico e, na ausência de pressão hidráulica, são automaticamente fechadas. Além disso, em caso de falha total do sistema hidráulico, apresentam um sistema *backup* de atuação, que pode ser acionado através de robôs submarinos – ROVs.

3.2.15.1 Sistema de Injeção de Gás

A injeção de gás é um método de elevação artificial de óleo que consiste na injeção contínua de parte do gás produzido e processado pela própria plataforma, a uma pressão entre 150 a 200 kgf/cm². O gás é injetado na linha de produção dos poços que não possuem adequada pressão de produção, sendo que a vazão e pressão desta injeção variam em função do tempo e das alterações das características iniciais de cada um dos poços.

3.2.15.2 Sistema de Injeção de Água

A injeção de água é o principal método para preservar a pressão em reservatórios de petróleo *offshore*. Esta água é captada do sistema de resfriamento, após os trocadores de calor, e passa por um conjunto de filtros. O oxigênio naturalmente dissolvido na água é retirado na desaeradora, para se evitar o desenvolvimento de microorganismos e diminuir a corrosividade natural da água do mar. Depois destas etapas, a água filtrada e desaerada é injetada nos poços por meio de bombas que alimentam o manifold dos poços de injeção. Os principais equipamentos que compõem este sistema são: filtro de água salgada, desaeradora, bomba centrífuga e filtro de água de injeção.

3.2.16 Sistema de Processamento de Óleo

De forma geral, a planta de processo de uma FPSO é composta de dois trens de produção, cada um contendo equipamentos de processamento, tais como: permutadores de calor, separadores de produção, desidratadores eletrostáticos, tratadores de óleo e separadores atmosféricos.

O separador de produção possui a função de remover, através de filtração, a areia contida no petróleo. O óleo separado segue para os desidratadores eletrostáticos onde é realizada a máxima separação de sais e água do óleo, também chamados de BSW. O óleo desidratado é resfriado nos permutadores de calor, trocando calor com a água do mar. O óleo é então estabilizado nos separadores atmosféricos, onde ocorre a separação entre o óleo e o gás oriundos do petróleo. O óleo segue para os tanques de carga, onde fica armazenamento até uma posterior transferência (*offloading*). O gás separado segue para a planta de processamento de gás.

3.2.17 Sistema de Processamento de Gás

Em uma FPSO, a planta de processamento de gás é responsável pela compressão e desidratação do gás natural, para posterior utilização, na própria plataforma, ou expedição, através de gasodutos ou navios-gaseiros.

Em cada unidade de compressão, permutadores de calor resfriam o gás entre os estágios de compressão, através de um sistema fechado de água doce. Após o segundo estágio de compressão, o gás é enviado à planta de desidratação para remoção de água. A planta de desidratação é formada por uma coluna de absorção à base de TEG (tri-etileno-glicol), substância hidrófila que retém a umidade. A remoção de água visa evitar a corrosão das paredes dos gasodutos e demais equipamentos além de evitar a formação de hidratos nas tubulações. Após o terceiro estágio de compressão, o gás natural tratado é enviado para o sistema de gás combustível da plataforma, sistema de *gas lifting* ou exportado para o continente.

3.2.18 Sistema de Exportação de Gás e Óleo

O gás separado pelo sistema de processamento de gás de uma FPSO é exportado para o continente, através de gasodutos, ou transferido para navios-gaseiros. Por sua vez, o escoamento do óleo, tratado e armazenado, é feito através de tubulações flexíveis, entre a plataforma FPSO e os navios-aliviadores, caracterizando o chamado *offloading* ou enviado para o continente através de oleodutos submarinos.

3.3 Atividades de operação, manutenção e inspeção em plataformas de petróleo offshore

Em uma plataforma de petróleo *offshore*, diversas atividades são executadas para a exploração e produção de petróleo e gás. Desde as mais básicas, como por exemplo, lavagem de roupas e limpeza de camarotes, até as mais complexas, como

operação do painel de controle e estabilidade da embarcação. Dentre estas diversas atividades, a operação, manutenção e inspeção trazem características importantes para o estudo desta dissertação, como será apresentado a seguir.

3.3.1 Operação

A atividade de operação é a que emprega o maior número de pessoas a bordo. Entende-se como “operação” toda aquela atividade que monitora, controla, atua e interage com diversas variáveis, equipamentos e pessoas, nos diversos processos que há em uma plataforma *offshore*. A função principal da operação é assegurar a operação contínua das instalações, equipamentos e sistemas, de acordo com as diretrizes internas da empresa, as quais devem estar em conformidade com as normas e procedimentos das regulamentações legais aplicáveis para cada atividade específica ou equipamento da área de operação.

3.3.2 Manutenção

A principal função da área de manutenção é fazer com que todos os equipamentos de uma plataforma estejam sempre funcionando nas condições ideais de processo e, acontecendo uma eventual falha, esta seja corrigida o mais rápido possível e de forma totalmente segura. Por se tratar de um ambiente *offshore*, a equipe de manutenção deve possuir determinados conhecimentos e habilidades específicas para lidar com características *sui generis* exigidas pela manutenção de equipamentos neste ambiente, a saber: corrosão acentuada devido à alta salinidade do ar, movimentos dinâmicos da embarcação em alto-mar, espaço reduzido entre equipamentos e acessórios, exposição aos rigores das intempéries.

3.3.3 Inspeção

A inspeção, tanto em terra quanto em alto-mar, é considerada uma atividade dos bastidores, mas desempenha vital importância no dia a dia de trabalho de uma plataforma *offshore*. Se a atividade de inspeção falhar, todos os sistemas da plataforma estarão sujeitos a falhas que podem causar acidentes de proporções catastróficas. Por exemplo, uma simples trinca em um vaso que trabalhe com uma pressão de 120 kgf/cm², pode causar uma grande explosão. Sendo assim, a principal função desta equipe é atuar nas atividades de inspeção e avaliação da integridade dos equipamentos e instalações, propondo soluções e medidas que garantam a continuidade das operações de todos os sistemas da plataforma, atendendo não só as determinações da empresa, mas também as exigências das legislações aplicáveis à atividade de inspeção e aos equipamentos inspecionados.

3.4 Normas de segurança aplicáveis a plataformas de petróleo *offshore*

Diante das informações apresentadas nos tópicos anteriores, é possível imaginar o quanto será complexo o controle regulatório de todo este processo de produção de petróleo e gás *offshore*. Ou seja, somente uma lei específica, ou somente um órgão determinado, não são suficientes para uma adequada regulação desta atividade. Desta forma, não só diversos órgãos brasileiros, como também diversas entidades internacionais, são os responsáveis por esta regulação, promovendo leis, diretrizes, boas práticas e recomendações.

3.4.1 Regulamentação Nacional

No Brasil, o guardião da relação laborativa e da segurança e saúde dos ambientes de trabalho é o MTE – Ministério do Trabalho e Emprego. A Constituição Federal e a CLT – Consolidação das Leis Trabalhistas – são as legislações que garantem esta

guarda, mas de forma abrangente, e não específica. De modo a atuar com mais precisão, o atual MTE criou em 1978, através da Portaria 3214, as Normas Regulamentadoras, também chamadas de NRs, que versam especificamente sobre as mais diversas atividades laborativas do Brasil e suas exigências quanto a Segurança e Medicina do Trabalho. Nesta data, foram publicadas 28 NRs, a saber:

- NR-01 Disposições Gerais.
- NR-02 Inspeção Prévia.
- NR-03 Embargo ou Interdição.
- NR-04 Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT).
- NR-05 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA).
- NR-06 Equipamento de Proteção Individual (EPI).
- NR-07 Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO).
- NR-08 Edificações.
- NR-09 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA).
- NR-10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.
- NR-11 Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais.
- NR-12 Máquinas e Equipamentos.
- NR-13 Caldeiras e Vasos de Pressão.
- NR-14 Fornos.
- NR-15 Atividades e Operações Insalubres.
- NR-16 Atividades e Operações Perigosas.
- NR-17 Ergonomia.
- NR-18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.
- NR-19 Explosivos.
- NR-20 Líquidos Combustíveis e Inflamáveis.
- NR-21 Trabalho a Céu Aberto.
- NR-22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração.
- NR-23 Proteção Contra Incêndios.

- NR-24 Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho.
- NR-25 Resíduos Industriais.
- NR-26 Sinalização de Segurança.
- NR-27 Registro de Profissional do Técnico de Segurança do Trabalho.
- NR-28 Fiscalização e Penalidades.

Com a evolução do trabalho no Brasil, foi necessário atualizar algumas NRs, o que vem acontecendo desde sua gênese. Além disso, foi necessário, também, criar novas NRs para regulamentar as relações trabalhistas que não foram totalmente, ou adequadamente, contempladas pela Portaria 3214 de 1978. Tais NRs são:

- NR-29 Segurança e Saúde no Trabalho Portuário (Portaria 53 de 1997).
- NR-30 Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário (Portaria 34 de 2002).
- NR-31 Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura (Portaria 86 de 2005).
- NR-32 Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde (Portaria 485 de 2005).
- NR-33 Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados (Portaria 202 de 2006).
- NR-34 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval (Portaria 200 de 2011).
- NR-35 Trabalho em Altura (Portaria 313 de 2012).
- NR-36 Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados (Portaria 555 de 2013).

De forma geral, a maioria das NRs são importantes e aplicáveis na atividade de produção de petróleo em alto-mar. No entanto, analisando mais detalhadamente estas normas, percebe-se que o anexo 2 da NR-30 pode ser classificado como a NR mais importante deste rol, pois trata com propriedade e profundidade da atividade produção de petróleo em plataforma *offshore*. O anexo 2 da NR-30, intitulado Plataformas e Instalações de Apoio, foi publicada pela portaria 183 de 2010. Devido a sua grande importância no contexto socioeconômico brasileiro, atualmente há uma intensa discussão para transformar este anexo em Norma Regulamentadora independente, contribuindo ainda mais para a segurança e saúde desta atividade.

Além das Normas Regulamentadoras, outras publicações e órgãos brasileiros também são responsáveis por garantir a segurança e saúde dos trabalhadores que atuam na produção de petróleo e gás em plataformas. Como o foco desta dissertação não é o estudo aprofundado destas regulamentações, estas serão apresentadas, de forma sintetizada, a seguir:

- Portarias da ANP.
- Portarias da ANVISA.
- Resoluções do IBAMA e do CONAMA.
- Normas da Autoridade Marítima Brasileira (NORMAN).
- Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3.4.2 Regulamentação Internacional

A atividade de produção de petróleo e gás em alto-mar não é uma exclusividade do Brasil. De fato, as primeiras perfurações *offshore* aconteceram bem antes do início das operações em alto-mar do Brasil. Por isso, a regulamentação desta atividade no Brasil, antes de ser legislada pelos expertos brasileiros, já possuía uma série de entidades e leis que regiam esta atividade. Além disso, por se tratar de alto-mar, há exigências internacionais cabíveis a toda e qualquer atividade que ocorra neste ambiente. A seguir, de forma sintetizada, são apresentadas algumas entidades, códigos e normas exigidos internacionalmente para desempenhar a atividade de exploração e produção de petróleo em alto-mar.

- Regulamentações IMO (*International Maritime Organization*): normas e recomendações de segurança das operações marítimas em geral.
- SOLAS (*Convention for the Safety of Life at Sea*) e suas emendas em vigor: diretrizes de segurança da vida humana no mar.
- LSA Code (*Life-Saving Appliances*): normas de segurança para atividades em embarcações.
- FSS Code (*International Code for Fire Safety Systems*): normas de prevenção e combate a incêndio em alto-mar.

- MODU CODE (*Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units*): padrões mínimos de segurança operacional para as plataformas de perfuração em alto-mar.
- MARPOL (*International Convention for the Prevention of Maritime Oil Pollution from Ships*): regulamentação de prevenção da poluição do mar.
- COLREG (*International Conference on Revision of the International regulations for Preventing Collisions at Sea*): recomendações de segurança para prevenir abalroamento de embarcações no mar.
- ICLL (*International Conference on Load Line*): normas que garantem a reserva de flutuabilidade (borda livre) de embarcações.
- Regras das Sociedades Classificadoras Navais: são as regras de entidades internacionais independentes, que desenvolvem regulamentos, procedimentos e métodos, para manter a segurança em instalações marítimas. Exemplo: *Bureau Veritas* (BV, francesa), *Det Norske Veritas*, *Germanischer Lloyd* (DNV GL, norueguesa e alemã).
- API RP - *American Petroleum Institute - Recommended Practices*
- ASTM - *American Society for Testing and Materials*
- IEC - *International Electrical Commission*
- ISO - *International Standards Organization*
- NFPA - *National Fire Protection Association*

Agregando mais segurança e garantindo o cumprimento das leis exigidas pelas publicações e entidades anteriormente apresentadas, as empresas que atuam no seguimento de petróleo e gás *offshore* no Brasil, de forma geral, também desenvolvem normas e recomendações internas, de aplicação somente no âmbito da empresa que a criou, mas podendo também ser exigida a terceiros, em situações em que as cláusulas contratuais assim o permitam.

4 METODOLOGIA DE PESQUISA

Segundo Marconi et al (2010), a metodologia é a exposição dos métodos de abordagem e de procedimentos, assim como das técnicas, que atuam na construção de um trabalho de pesquisa científico.

Neste contexto, a metodologia aplicada a esta dissertação abordará a pesquisa científica conforme a Figura 8, cujos itens serão mais bem detalhados a seguir.

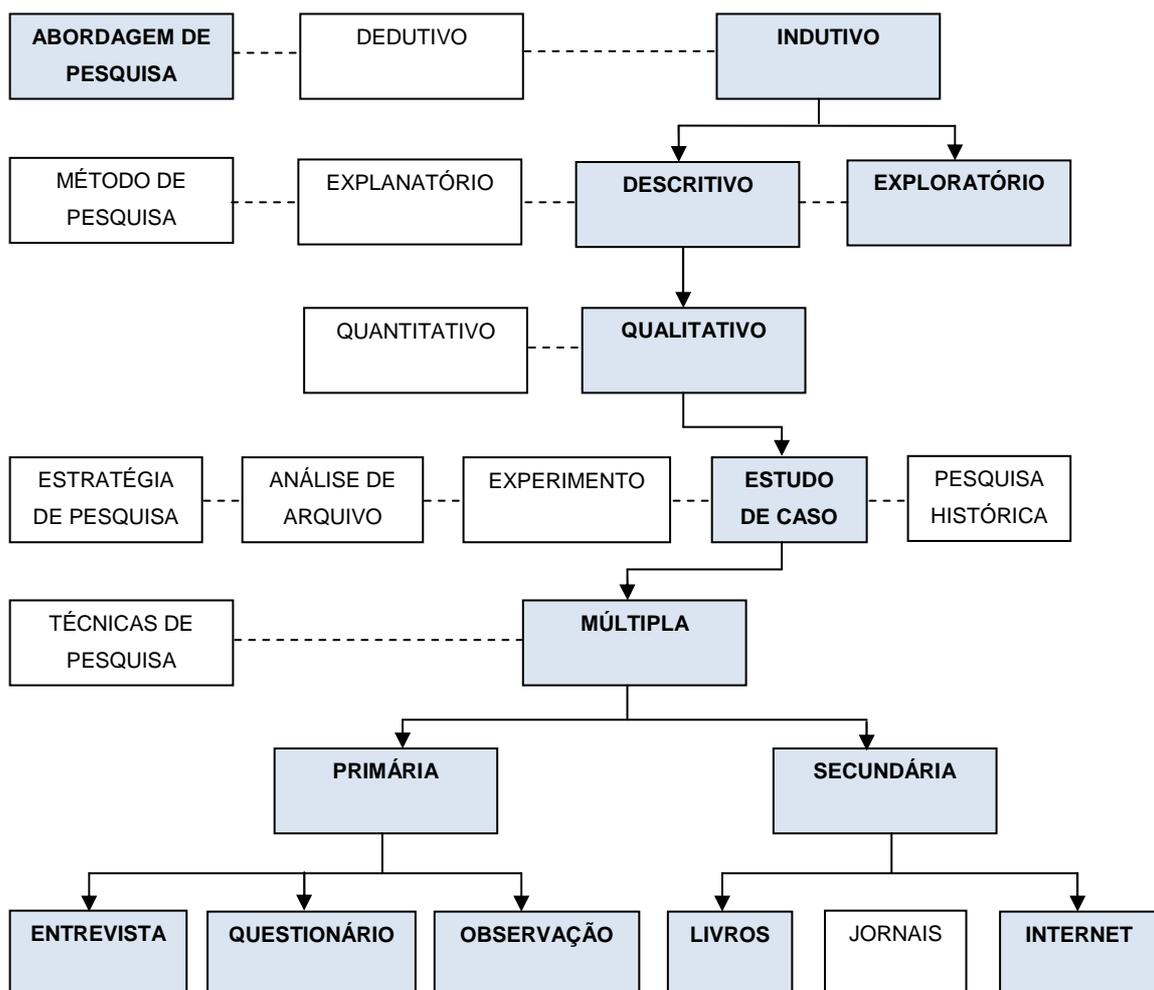


Figura 8 – Metodologia empregada na dissertação
(Fonte: Adaptado do diagrama de Moreira, 2010)

4.1 Características da pesquisa

De acordo com Cervo et al (2007), esta pesquisa assume características específicas, a saber:

- Quanto à classificação, trata-se de uma pesquisa aplicada, porque o investigador é movido pela necessidade de contribuir para fins práticos mais ou menos imediatos, buscando soluções para problemas concretos.
- Quanto ao tipo, a pesquisa é descritiva, uma vez que observa, registra, analisa e correlaciona os fenômenos sem os manipular. Ela também será exploratória, uma vez que envolve um levantamento bibliográfico.

4.2 População considerada

O universo estudado é a área de operações de produção de óleo e gás de uma plataforma de petróleo *offshore*. O perfil dos operadores que compuseram a amostra é de profissionais de nível técnico, que possuem conhecimentos teóricos e práticos de sua atividade, e que atuam nos equipamentos e processos da plataforma manualmente, na área industrial, ou remotamente, através dos computadores da sala de controle.

4.3 Definição do método

Segundo Cervo et al (2007), entende-se método disciplinar como um processo de investigação, com o objetivo de adaptar o esforço às exigências do objeto a ser estudado, selecionando os meios e processos mais adequados. Ou seja, de uma forma simples, o método é o conjunto de ações empregadas pelo pesquisador na

investigação de sua pesquisa e na demonstração de suas conclusões, de forma imparcial e com esmero à técnica.

Complementarmente, Yin (2005) descreve três condições para a utilização dos cinco principais métodos de pesquisa: experimentos, levantamentos, análise de arquivos, pesquisas históricas e estudos de caso, que são apresentados na Tabela 6. A primeira condição consiste no tipo de questão de pesquisa. A segunda condição avalia a extensão do controle sobre os eventos comportamentais. A terceira condição aborda o grau de enfoque sobre os eventos contemporâneos em oposição aos eventos históricos.

Tabela 6 – Situações relevantes para diferentes métodos de pesquisa
(Fonte: Adaptado da tabela de Yin, 2010)

Método	Forma de questão de pesquisa	Exige controle dos eventos comportamentais?	Enfoca eventos contemporâneos?
Experimento	Como, por quê?	Sim	Sim
Levantamento	Quem, o que, onde, quantos, quanto?	Não	Sim
Análise de arquivos	Quem, o que, onde, quantos, quanto?	Não	Sim
Pesquisa histórica	Como, por quê?	Não	Não
Estudo de caso	Como, por quê?	Não	Sim

Analisando a Tabela 6 frente ao diagrama da metodologia empregada nesta dissertação, o estudo de caso é o método de pesquisa descritiva selecionado, pois a natureza da questão é do tipo “Como, por quê?”, com o objetivo de colher informações, analisando e interpretando os dados obtidos. Ademais, enfoca eventos contemporâneos, que é o estudo da alocação de fatores humanos no gerenciamento de riscos da atividade de operação de produção de uma plataforma *offshore*.

4.4 Coleta de dados

A coleta de dados primários será feita através dos seguintes instrumentos:

- Observação *in loco* das atividades executadas pelo operador, em sua rotina de trabalho;
- Questionário, onde serão abordadas questões relativas à percepção de risco e ao desempenho das tarefas dos operadores;
- Entrevistas, se necessário, para esclarecimentos quanto às respostas dos questionários a quanto às atividades observadas *in loco*.

Por sua vez, a coleta de dados secundários foi feita através da leitura de livros, *papers*, revistas, trabalhos acadêmicos e publicações técnicas que versam sobre o assunto pesquisado, como também através de pesquisa em *sites* da Internet que contribuíram com informações validadas e pertinentes.

Complementando a coleta de dados secundária, o Capítulo 2, Revisão da Literatura, apresenta uma extensa e apurada revisão de literatura, desenvolvida através da pesquisa de textos técnicos selecionados das seguintes bases de dados Sci Verse - Science Direct, Sci Verse – Scopus, ISI Web of Science e SciElo.

4.5 Estrutura Metodológica

Para alcançar os objetivos gerais e específicos definidos no Capítulo 1, foi utilizada a seguinte estrutura metodológica, constituída das seguintes etapas:

- Etapa 1 – Definição e descrição do processo em estudo
- Etapa 2 – Análise da população de trabalhadores
- Etapa 3 – Definição das situações de trabalho a analisar
- Etapa 4 – Descrição das tarefas realizadas pelos operadores

- Etapa 5 – Análise das atividades realizadas pelos operadores
- Etapa 6 – Escolha e definição dos fatores que podem influenciar no desempenho dos operadores e que serão alocados no gerenciamento de risco do processo estudado
- Etapa 7 – Avaliação dos fatores que podem influenciar no desempenho dos operadores

Cada uma destas etapas contribui com uma importante parte para a compreensão sistêmica do estudo apresentado por esta dissertação. No entanto, apesar de trazerem consigo informações específicas e estanques, todas estas etapas buscam a mesma compreensão, que é a alocação de fatores humanos no gerenciamento de riscos de um sistema tecnológico complexo – plataforma de petróleo *offshore*.

4.5.1 Etapa 1 – Definição e descrição do processo em estudo

De acordo com o que já foi apresentado anteriormente no Capítulo 2, Identificação e Descrição do Local de Estudo, uma plataforma de petróleo *offshore* do tipo FPSO possui uma série de equipamentos, diversos processos e sistemas de controle, e uma infinidade de atividades que os profissionais desempenham para todo o sistema funcionar dentro dos parâmetros normais.

Dos diversos processos da plataforma, foi selecionado o de operação do sistema de processamento de óleo para objeto de estudo, por se tratar de uma importante atividade para o funcionamento da plataforma e apresentar oportunidade de estudos de alocação de fatores humanos, uma vez que apresenta diversas atividades desempenhadas por operadores.

O sistema de processamento de óleo de uma plataforma é um dos vários sistemas que compõem o sistema de processamento primário, localizados no *topside*, cuja função é o processamento inicial dos fluidos produzidos pelos poços de petróleo, separando, tratando e especificando o óleo, o gás e a água, de acordo com padrões técnicos e de segurança, bem como as exigências ambientais.

Segundo Thomas (2004), um sistema de processamento primário de fluidos de uma plataforma *offshore*, apresentado na Figura 9, possui as seguintes funções:

- A separação do óleo, do gás e da água com as impurezas em suspensão.
- O tratamento ou condicionamento dos hidrocarbonetos para que possam ser transferidos para as refinarias onde é efetuado o processamento propriamente dito.
- O tratamento da água para reinjeção ou descarte.

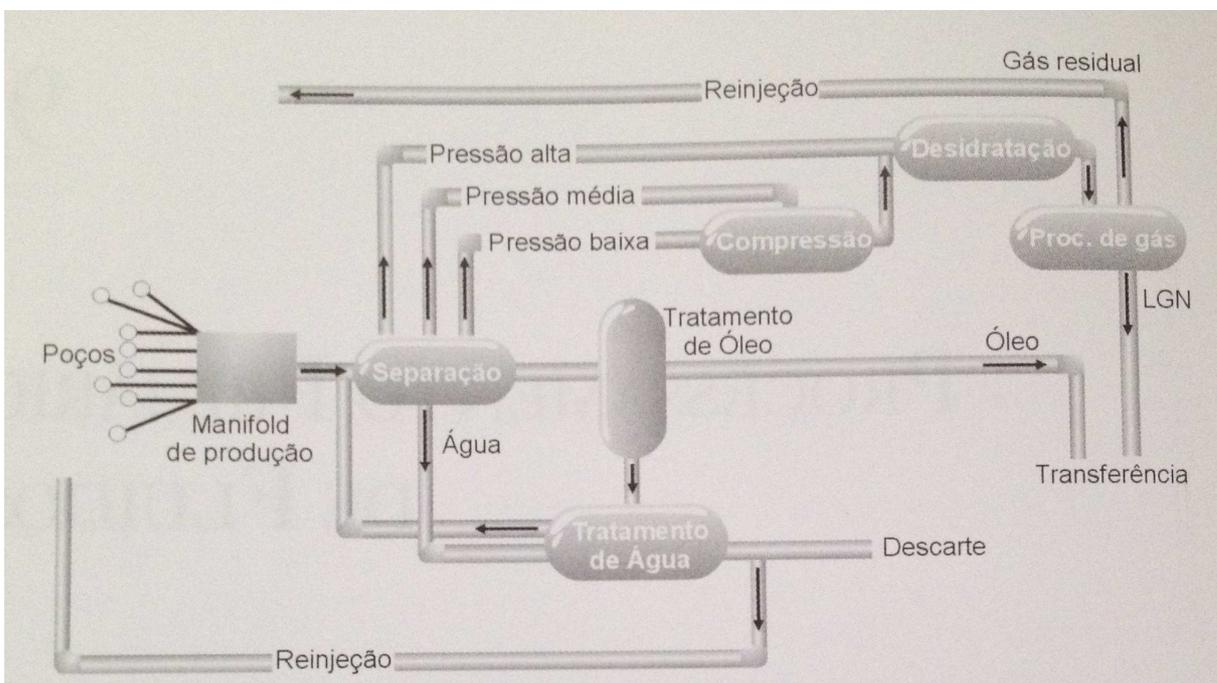


Figura 9 – Fluxograma do processamento primário de fluidos
(Fonte: Thomas, 2004)

No sistema de processamento primário, o petróleo produzido passa por vasos separadores que efetuam a separação das misturas gás-líquido (separadores bifásicos) e das misturas óleo-água (separadores trifásicos). Para maior aproveitamento do gás produzido e melhor estabilização do óleo, esta separação pode ser realizada em vários estágios de pressão. Na plataforma FPSO sob estudo desta dissertação, a pressão no primeiro estágio (separação primária) é de 8 kgf/cm² e no último estágio (separação atmosférica) é de 0,5 kgf/cm².

Os vasos separadores são equipamentos de grande porte, podendo ser fabricados na forma horizontal ou vertical. Segundo Thomas (2004), os vasos separadores baseiam-se nos seguintes mecanismos para separar líquido do gás:

- Ação da gravidade e diferença de densidades, responsável pela decantação do fluido mais pesado.
- Separação inercial, mudanças bruscas de velocidade e de direção de fluxo, permitindo ao gás desprender-se da fase líquida devido à inércia que esta fase possui.
- Aglutinação das partículas, contato das gotículas de óleo dispersas sobre uma superfície, o que facilita sua coalescência, aglutinação e consequente decantação.
- Força centrífuga, que aproveita as diferenças de densidade do líquido e do gás.

Na separação bifásica, ilustrada pela Figura 10, o fluido entra no separador e choca-se com os defletores de entrada que provocam uma mudança brusca de velocidade e direção do fluido. A força da gravidade causa a separação das gotículas líquidas mais pesadas que deixam a corrente de gás e se acumulam no fundo do vaso, onde o líquido é coletado. Esta seção de coleta assegura um tempo de retenção apropriado, necessário para que o gás se desprenda do líquido e vá para o espaço superior do separador. (Thomas, 2004)

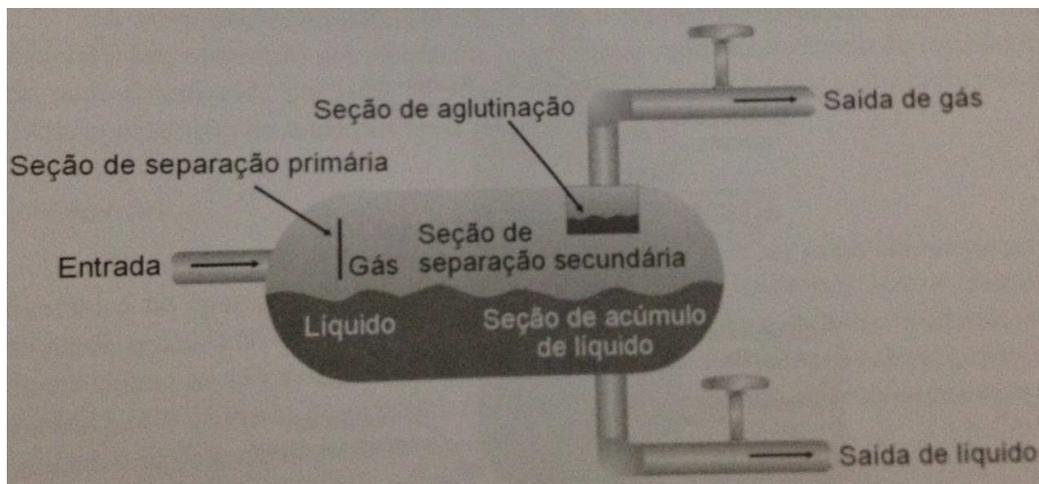


Figura 10 – Esquema de um separador bifásico
(Fonte: Thomas, 2004)

O gás separado flui sob os defletores de entrada e segue através da seção de separação secundária. À medida que o gás flui, pequenas gotas de líquidos que ficaram na fase gasosa caem por ação da gravidade na interface gás/líquido. Algumas gotas têm diâmetro tão pequeno que não são facilmente separadas nesta seção de decantação. Entretanto, antes de deixar o vaso, o gás passa através de uma seção de aglutinação e coalescência composta por aletas de metal, almofadas de tela de arame ou placas pouco espaçadas que extraem a névoa presente no fluido. A pressão no separador é mantida por um controlador que atua regulando o fluxo de saída do gás pela parte superior. O líquido separado deixa o vaso através de válvula de descarga, cuja abertura ou fechamento é regulado por um controle de nível. (Thomas, 2004)

Quando uma emulsão de óleo e água é produzida e posteriormente decantada, uma camada de água relativamente limpa aparecerá no fundo, denominada de água livre. Sobre esta camada mantém-se uma camada de emulsão de água óleo, e sobre a emulsão aparece uma camada de óleo relativamente limpo.

Separadores trifásicos, algumas vezes denominados de extratores de água livre, são utilizados para separar e remover qualquer água livre que possa estar presente no processo. O projeto é idêntico aos separadores bifásicos, sendo que mais espaço deve ser deixado para a decantação do líquido e algum dispositivo deve ser adicionado para a remoção de água livre. (Thomas, 2004)

A Figura 11 ilustra esquematicamente um separador trifásico. Um condutor de líquido é necessário para não perturbar a interface óleo/água e um condutor de gás, ou chaminé, é necessário para equalizar a pressão de gás entre as seções de coleta inferior de líquido e a seção superior de decantação.

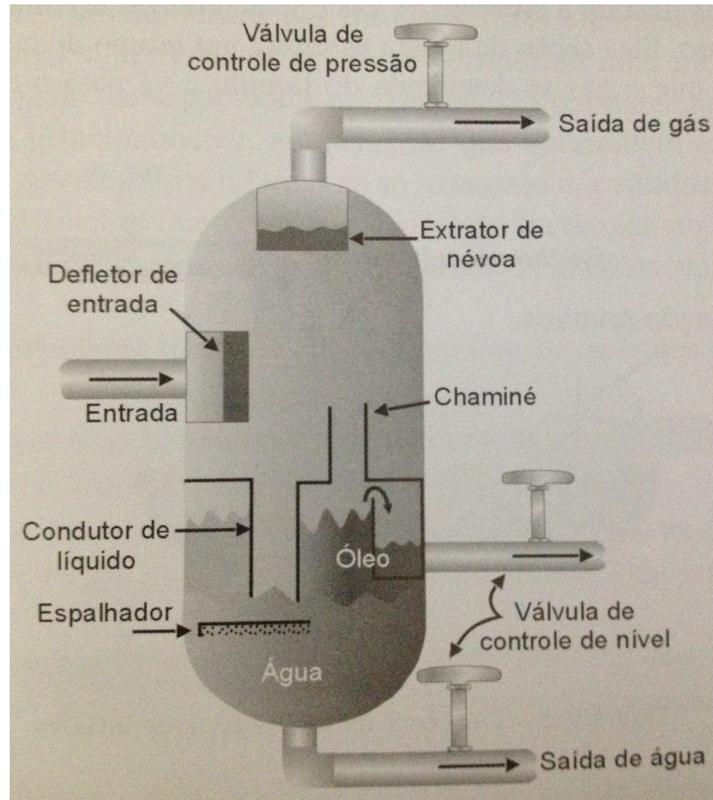


Figura 11 – Esquema ilustrativo de um separador trifásico
(Fonte: Thomas, 2004)

Um espalhador na saída do condutor de líquido é instalado abaixo da interface óleo/água. O óleo sobe a partir deste ponto e a água desce pelo espalhador e qualquer gotícula de óleo que for arrastada na fase aquosa tende a subir em contracorrente com o fluxo de água.

4.5.2 Etapa 2 – Análise da população de trabalhadores

Dentro da Sala de Controle Central – CCR – estão presentes 05 operadores, distribuídos por quatro áreas distintas, a saber:

- **Produção:** 02 operadores P1;
- **Facilidades:** 01 operador F1;
- **Embarcação:** 01 operador E1;
- **Manutenção** (ou Automação): 01 técnico de manutenção.

Algumas plataformas denominam a área de Manutenção como Automação, devido ao fato de que grande parte das manutenções realizadas na unidade dizem respeito a automação e controle da plataforma.

A disposição dos trabalhadores de cada área, em uma CCR típica de uma FPSO pode ser verificada na Figura 12, que é a representação gráfica da mesa principal desta sala. Algumas CCR possuem mesas alinhadas em paralelo, ao invés deste formato arredondado.

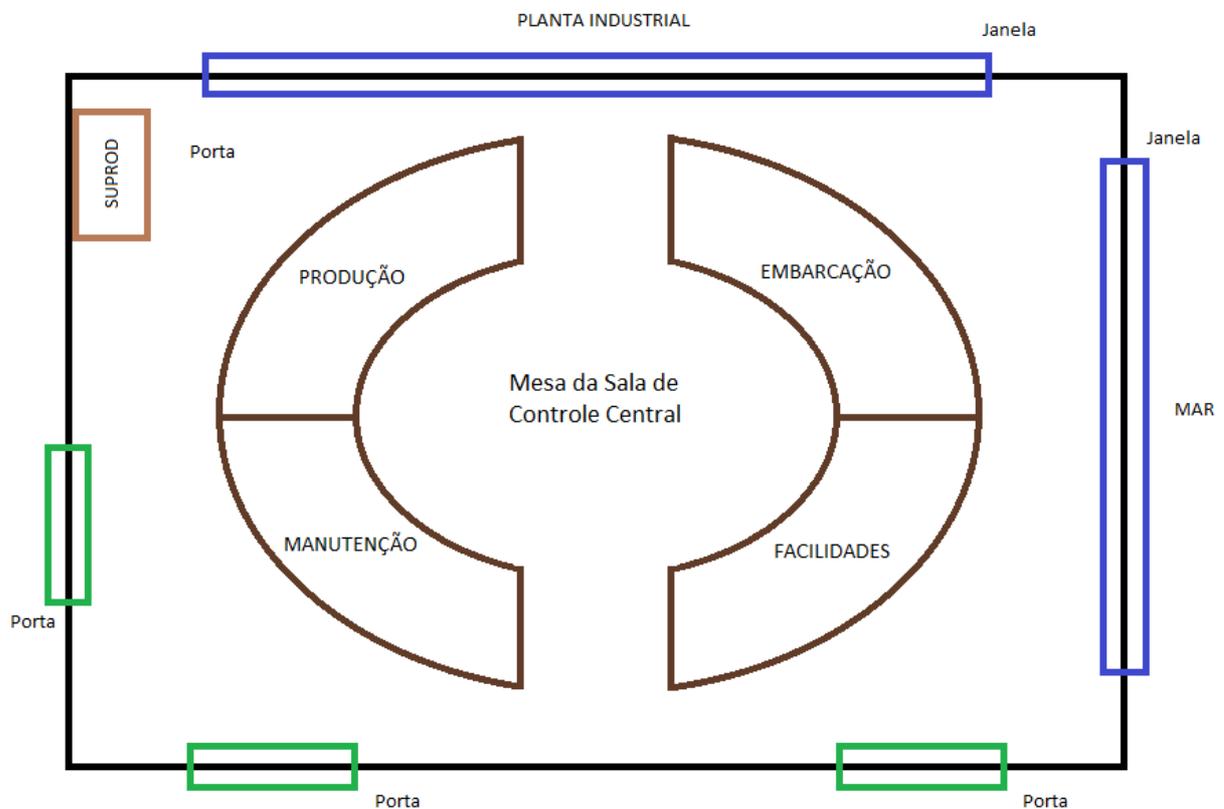


Figura 12 – Ilustração de uma Sala de Controle Central – CCR – típica de uma FPSO
(Fonte: Elaboração do autor, 2013)

O regime de trabalho é por revezamento em turnos de 12h, a partir das 06:00h até às 18:00h. Em algumas plataformas, há também a presença do Suprod – Supervisor de Produção – dentro da CCR, em uma mesa auxiliar, fora da mesa principal. Apesar da diferença de mesas, a interação entre o Suprod e os P1 é muito alta.

A seguir, de modo a melhor entender a população presente neste ambiente de trabalho, são listadas algumas das principais características desta força de trabalho:

- Gênero: Masculino e Feminino.
- Faixa Etária: 19 a 53 anos.
- Escolaridade: 2º grau técnico, Ensino Superior, Pós Graduação e Mestres.
- Tempo de Experiência: Recém-ingressos, com até mesmo menos de 1 ano de experiência na função, bem como trabalhadores com mais de 30 anos de experiência. Há também o perfil do empregado experiente, já oriundo do mercado de trabalho, mas com pouco ou nenhuma experiência na função.

Há também operadores da Produção, Facilidades, Embarcação e Manutenção que atuam fora da Sala de Controle Central, em sistemas e processos da planta industrial. Os principais sistemas de uma FPSO já foram descritos no item 3.2 (Sistemas de uma plataforma de petróleo *offshore*), restando, portanto, identificar os operadores destas 4 áreas que atuam em ambientes de trabalho fora da Sala de Controle Central, mas que exercem alta influência ou possuem alta interação com os operadores presentes dentro da sala de controle.

4.5.2.1 Área de Produção

A área de produção é a responsável por todos os processos de produção, processamento e expedição dos hidrocarbonetos produzidos pelos poços de petróleo, o que basicamente se resume a gás natural e óleo, este último com cerca de 24º API (média Bacia de Campos). Não há dúvida de que todas as áreas de uma FPSO são essenciais para o seu funcionamento. No entanto, historicamente falando e, também devido a sua complexidade, a área de produção é a mais crítica de uma plataforma de petróleo *offshore* (Figueiredo, 2012).

Na área de produção estão presentes as variáveis de processo mais críticas: as maiores temperaturas, pressões, vazões e inventários. Isso sem contar que, por si só, o petróleo já é uma substância que produz danos à saúde do ser humano e é extremamente inflamável, apresentando Ponto de Fulgor médio da ordem de - 7°C (menos sete graus Celsius, fonte: www.petrobras.com.br, FISPQ petróleo).

Dentro da área de produção, a operação do sistema de processamento de óleo foi selecionada como objeto de estudo desta dissertação, devido às complexidades descritas nos parágrafos anteriores e, além disso, apresentar oportunidade de alocação de fatores humanos.

A formação destes operadores não é específica, sendo encontrado nesta equipe técnicos em mecânica, em eletrônica, em química, em edificações, em petróleo e gás etc. Percebe-se que todos são técnicos de nível médio de disciplinas ligadas à área industrial, pois o operador, ou também técnico de operações, é um profissional cujo perfil é multidisciplinar, apresentando diversos conhecimentos de áreas e disciplinas muito diferentes. Por si só, esta relação conhecimento *versus* formação do operador de produção sinaliza uma possível complexidade na rotina de trabalho deste profissional, o que, de certo modo, vai direto ao encontro da proposta de estudo desta dissertação.

A estrutura de trabalho da área de Produção está organizada da seguinte forma:

- **Coprod:** Responsável pela coordenação das atividades e dos operadores da área de produção. Responde diretamente ao Geplat, a maior função hierárquica da plataforma.
- **Suprod:** Responsável pela supervisão direta das atividades de natureza técnica e operacional dos operadores P1, P2, P3 e P4. As atividades de natureza administrativa ficam a cargo do Coprod.
- **Operador P1:** Responsável pela área de produção dentro da CCR.
- **Operador P2:** Responsável, na planta industrial, pela operação dos equipamentos e instrumentos dos sistemas de tratamento de óleo, água da área de produção e pelo flare.
- **Operador P3:** Responsável, na planta industrial, pela operação dos equipamentos e instrumentos dos demais sistemas de produção da plataforma que não estão sob a supervisão do P2 (sistemas de tratamento de óleo, água e flare) e P4 (gás).

- **Operador P4:** Responsável, na planta industrial, pela operação dos equipamentos e instrumentos dos sistemas de compressão de gás natural, tratamento de gás natural e gás combustível.

Nas plataformas *offshore*, não há produção de GLP – Gás Liquefeito de Petróleo, pois este derivado, até o presente momento tecnológico da indústria, somente pode ser produzido em refinarias de petróleo. Nas unidades marítimas, todo o gás processado se refere única e exclusivamente ao gás natural oriundo de reservas de petróleo ou de reservas de gás.

4.5.2.2 Área de Facilidades

A área de facilidades é a responsável pelo provimento de energia elétrica, água para o processo, água potável, ar comprimido e demais necessidades técnicas para toda a FPSO, sobretudo para o adequado funcionamento da planta industrial.

Por isso, a formação destes operadores deve ser muito específica, de acordo com a facilidade disponibilizada. Por exemplo, especificamente para a área de geração e distribuição de energia, todos os operadores possuem formação técnica na área elétrica, ou seja, são técnicos de eletrotécnica, eletrônica, eletromecânica ou eletroeletrônica.

A estrutura de trabalho da área de Facilidades está organizada da seguinte forma:

- **Coman:** Responsável pela coordenação das atividades e dos operadores da área de facilidades e pelos técnicos da área de manutenção. Responde diretamente ao Geplat, a maior função hierárquica da plataforma.
- **Suman:** Responsável pela supervisão direta das atividades de natureza técnica e operacional dos operadores F1, F2, F3 e dos técnicos de manutenção. As atividades de natureza administrativa ficam a cargo do Coman.
- **Operador F1:** Responsável pela área de facilidades dentro da CCR.
- **Operador F2:** Responsável, na planta industrial, pela operação de sistemas e equipamentos elétricos de toda a plataforma, tais como: TG (turbo-geradores

de eletricidade), painéis de distribuição e seccionamento, sistemas de emergência, sistemas de ventilação e ar condicionado etc.

- **Operador F3:** Responsável, na planta industrial, pela operação das chamadas “facilidades não elétricas” de toda a plataforma, a saber: sistemas de água quente, água fria e água produzida, captação de água salgada, ar comprimido, água potável etc.

Em algumas plataformas *offshore*, não há a função do Suman. Nestas unidades, as funções do Suman são divididas em duas funções diferentes: o Suein – supervisor de elétrica e instrumentação; e o Sumec – supervisor de mecânica.

O Suein é o responsável pelas atividades e intervenções em sistemas e equipamentos elétricos, enquanto que o Sumec é o responsável pelas intervenções em sistemas e equipamentos mecânicos.

Apesar desta distinção entre os sistemas e equipamentos sob sua supervisão, ambos – Suein e Sumec – são solidariamente responsáveis pela supervisão dos Operadores F1, F2, F3 e os técnicos de manutenção.

4.5.2.3 Área da Embarcação

A área de embarcação é a responsável pela estabilidade, flutuabilidade e posicionamento (dinâmico) da FPSO. É importante ressaltar que uma plataforma de petróleo *offshore* do tipo FPSO é, na maioria dos casos, um antigo navio petroleiro de grande porte convertido para plataforma de produção FPSO.

Por exemplo, o FPSO em que os estudos desta dissertação estão baseados é um navio petroleiro construído em 1973 e convertido para FPSO no ano de 2004, com as seguintes características navais:

- a) Comprimento total = 337,06 m
- b) Comprimento entre perpendiculares = 320,00 m
- c) Boca = 54,50 m
- d) Pontal = 27,00 m

e) Arqueação = bruta: 135.729 t e líquida: 102.652 t

f) Calado de projeto = 19,80 m

g) Acomodações = 194 pessoas

Uma das principais funções dos operadores desta área é a operação, monitoramento e controle dos tanques de lastro da plataforma, bem como os equipamentos relacionados a este sistema, de modo a garantir a estabilidade da unidade. O controle de lastro é crítico para a operação de toda a FPSO.

Por isso, a formação destes operadores deve ser muito específica, fazendo com que sua formação profissional possua disciplinas condizentes com a formação dos profissionais de mar. E de fato, para se tornar um Técnico de Estabilidade, é necessário atender às exigências nacionais da Marinha do Brasil e internacionais da IMO – *International Maritime Organization*.

A estrutura de trabalho da área de Embarcação está organizada da seguinte forma:

- **Coemb:** Responsável pela coordenação das atividades e dos operadores da área de embarcação e pelos marinheiros. Responde diretamente ao Geplat, a maior função hierárquica da plataforma.
- **Operador E1:** Responsável pela área de embarcação dentro da CCR.
- **Operador E2:** Responsável, na planta industrial, pela operação de sistemas e equipamentos relacionados ao controle de estabilidade, fluabilidade e posicionamento da FPSO.
- **Marinheiro:** Responsável, na planta industrial, pela operação de amarração dos navios que operam junto à plataforma. A atividade de maior importância deste profissional é a amarração do navio aliviador, que através da operação de *offloading*, recebe o petróleo produzido pela FPSO e o conduz até os terminais marítimos. Um exemplo desta operação está caracterizado na Figura 13.



Figura 13 – Ilustração de uma operação de *offloading*
(Fonte: www.ingworldnews.com, acesso em Setembro de 2013)

4.5.2.4 Área de Manutenção

A área de manutenção da plataforma já foi devidamente abordada no item 3.3.2 (Manutenção) e, por isso, não será detalhadamente descrita no presente item.

Apesar disto, é importante ressaltar que, dentro da Sala de Controle Central, como já anteriormente mencionado, estão presentes 05 operadores, e um destes operadores, na verdade, é um técnico de manutenção.

Este técnico de manutenção é o responsável por operar as telas dos sistemas de automação e interagir com seus pares na área industrial, bem como os operadores de produção, facilidades e embarcação presentes junto consigo na sala de controle.

Apenas ressaltando o que também já foi mencionado anteriormente, algumas plataformas denominam a área de Manutenção como Automação, devido ao fato de que grande parte das manutenções realizadas na unidade dizem respeito a automação e controle da plataforma.

Hierarquicamente falando, o técnico de manutenção presente na CCR, bem como todos os outros técnicos de manutenção que atuam na planta industrial de toda a plataforma, estão subordinados ao Coman – Coordenador de Manutenção.

4.5.3 Etapa 3 – Definições das situações de trabalho a analisar

O processo de produção de uma plataforma FPSO envolve uma série de trabalhadores, que interagem entre si, bem como com trabalhadores de outras áreas, além da comunicação com as equipes em terra.

O ambiente de trabalho em que ocorre a maior interação entre diferentes áreas é a Sala de Controle Central – CCR, onde se encontram, em um mesmo local, operadores da área de produção, da área de facilidades e da área de embarcação. Além dos operadores, há também técnicos de manutenção, instrumentação, supervisores e coordenadores, que não fazem parte da população fixa da sala de controle, mas têm acesso a este local e interagem diretamente com os trabalhadores que nela exercem suas funções, como pode ser visto na Figura 14.



Figura 14 – Ambiente de trabalho de uma CCR típica de uma FPSO
(Fonte: www.petrobras.com.br, acesso em Setembro de 2013)

Esta interação é necessária, pois o controle de todos os fluidos produzidos, armazenados, tratados, recebidos e enviados da FPSO são operados, controlados, e supervisionados da CCR. Toda automação e controle da planta de processo e embarcação estão concentrados neste ambiente.

A automação e controle da planta de processo e embarcação é feita através da ECOS – Estação Central de Operação e Supervisão, que é um sistema especialmente projetado para permitir a operação, monitoramento e controle de uma moderna e complexa planta industrial *offshore*. A ECOS se vale de telas que mostram gráficos de alta resolução, "flow sheets" e outras estruturas fixas de desenho. Os componentes principais destas estruturas fixas, equipamentos e instrumentos, são animados, exibindo-se a troca de seus estados, tais como abertura e o fechamento de válvulas, partida de bombas etc nas próprias telas. Um exemplo desta tela e seus componentes estão apresentados na Figura 15.

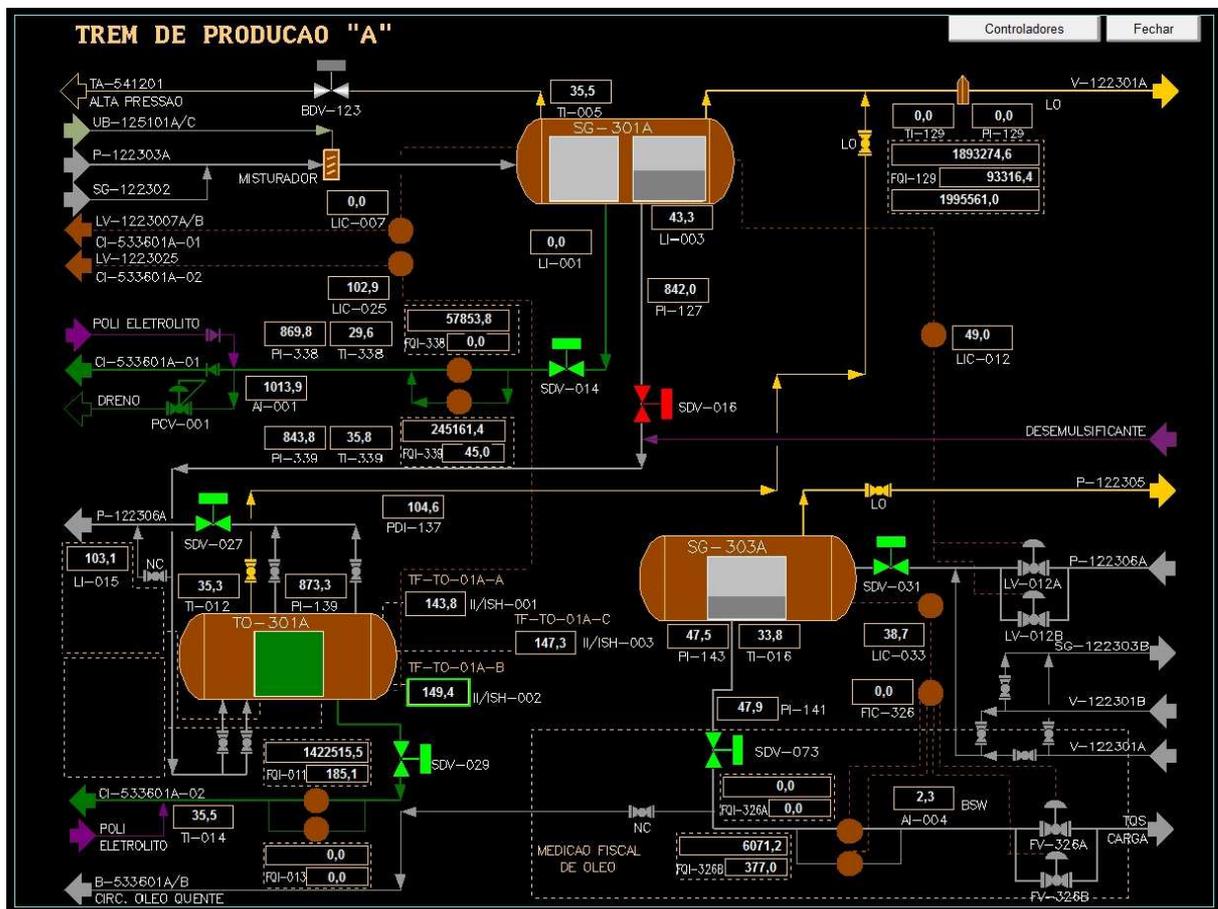


Figura 15 – Ilustração da tela do Sistema ECOS, Sistema de Produção – separação água/óleo
(Fonte: Elaboração do autor, 2013)

Estas telas da ECOS são um tipo de programa supervisor das plantas de processo, utilidades, instrumentação e controle da embarcação, constituindo a mais importante Interface Homem-Máquina (IHM) de uma plataforma FPSO.

O objeto principal de estudo desta dissertação é a alocação de fatores humanos na atividade de processamento de óleo do sistema de produção de uma FPSO e, para tal, será necessário analisar as tarefas e atividades desempenhadas pelos operadores de produção P1 e P2, pois ambos são os responsáveis pela operação, monitoramento e controle do processamento de óleo da FPSO.

Dos diversos processos da plataforma, foi selecionado o de operação do sistema de processamento de óleo para objeto de estudo, por se tratar de uma importante atividade para o funcionamento da plataforma e apresentar oportunidade de estudos de alocação de fatores humanos, uma vez que apresenta diversas atividades desempenhadas por operadores.

4.5.4 Etapa 4 – Descrição das tarefas realizadas pelos operadores

Segundo (Hollnagel, 2006 apud Santos, 2007), entende-se por tarefa tudo aquilo que a organização (empresa) atribui à pessoa (trabalhador/operador) com um propósito específico. As tarefas podem ser representadas por operações e procedimentos, onde as operações são ações executadas pelos trabalhadores de uma planta industrial, e os procedimentos são as condições que são necessárias para se realizarem estas operações (Vicent e Burns, 1996 apud Santos, 2007). Para desempenhar com êxito estas tarefas, os operadores recebem da empresa as instruções necessárias para tal, através da descrição das tarefas. A descrição das tarefas contém as etapas e ações que os operadores devem executar, na sequência, na ordem e com os recursos necessários para que os objetivos da organização sejam alcançados.

Depois de analisar o sistema de processamento de óleo da área de produção, o perfil da população de trabalhadores da Sala de Controle Central e as situações de trabalho relacionadas, é também necessário identificar as tarefas específicas executadas pelos operadores da Área de Produção. Na Figura 16 é possível identificar a planta industrial de uma plataforma FPSO e seus diversos sistemas, nos quais os operadores executam suas tarefas, tais como abrir e fechar válvulas, operar bombas, executar amostragem de produtos etc.



Figura 16 – Planta industrial típica de uma plataforma FPSO
(Fonte: www.petrobras.com.br, acesso em Dezembro de 2013)

Na Área de Produção, especificamente, é formada por uma equipe de 06 trabalhadores, distribuídos da seguinte maneira:

- 01 Coprod – Coordenador de Produção
- 01 Suprod – Supervisores de Produção
- 04 Operadores

A alocação de fatores humanos a ser desenvolvida no sistema de processamento de óleo não irá levar em consideração as ações do Coprod e do Suprod, independentemente, como linha mestra de análise. O foco será nas ações dos operadores, sobretudo o P1 e o P2 que, juntos, são os responsáveis por manter esta área da planta industrial em perfeita condição de funcionamento. Apesar disso, as interveniências entre os operadores e o Coprod e o Suprod serão estudadas, pois estas exercem grande influência na tomada de decisão por parte dos operadores, como afirma Figueiredo (2012).

A descrição do cargo e a função de cada um dos operadores da Área de Produção estão apresentadas logo a seguir.

4.5.4.1 Operador P1

Os operadores P1, que são 02 por turno de 12h, exercem suas funções dentro da Sala de Controle Central – CCR, onde interagem com os operadores e técnicos das demais Áreas da plataforma: Facilidades, Embarcação e Manutenção.

São responsáveis pelo monitoramento e controle remoto de todos os sistemas e equipamentos da Área de Produção da plataforma, interagindo remotamente, através de rádios de comunicação devidamente certificados, com todos os operadores de Produção que atuam na área industrial – P2, P3 e P4.

Os operadores P1 exercem as seguintes tarefas:

- Passagem de turno entre operadores (operadores que chegam para o turno e operadores que vão descansar);
- Utilização do telefone para solicitar operações, serviços, instruções etc;
- Utilização do rádio para se comunicar com os operadores que ficam na área;
- Interação com várias telas do sistema de controle e supervisão;
- Preenchimento de documentos impressos e digitais com informações do trabalho;
- Aquisição de informações em documentos impressos e digitais disponíveis na rede corporativa;
- Comunicação com os outros operadores da Sala de Controle Central;
- Atendimento a emergências que possam ocorrer na área de produção. (este caso é muito raro de ocorrer)

4.5.4.2 Operador P2

O operador P2 exerce suas funções na área industrial da plataforma, na planta de processamento de óleo, em turnos de 12h.

Este operador é o responsável pelos equipamentos e instrumentos dos sistemas de tratamento de óleo, água da produção e flare, interagindo remotamente,

através de rádio de comunicação devidamente certificado, com os operadores P1 que ficam na CCR. Eventualmente, também se comunica, através deste mesmo rádio, com os operadores P3 e P4.

O operador P2 exerce as seguintes tarefas:

- Passagem de turno entre operadores (operadores que chegam para o turno e operadores que vão descansar);
- Amostragem de óleo, água e gás dos Vasos Separadores Trifásicos, Tratadores Eletrostáticos, Separadores Atmosféricos e Vasos do Flare;
- Comunicação via rádio com a sala de controle de operações de produção;
- Verificação da medição de nível, através de observação de LGs dos vasos separadores;
- Verificação da medição de pressão, através de observação de PIs (manômetros) dos vasos separadores;
- Acompanhamento dos técnicos de manutenção, instrumentação e inspeção na realização de atividades na área industrial sob sua responsabilidade;
- Liberação e acompanhamento dos prestadores de serviços na realização de atividades na área industrial sob sua responsabilidade;
- Drenagem de água, condensado de gás e óleo de instrumentos, vasos, tubulações, acessórios dos equipamentos e tubulações etc;
- Acionamento manual de válvulas, para executar alinhamentos de rotina, provisórios ou emergenciais;
- Checklist de inspeção de área e medições realizadas via formulário de papel.

4.5.4.3 Operador P3

O operador P3 exerce suas funções na área industrial da plataforma, na planta de produção, em turnos de 12h.

Este operador é o responsável pelos equipamentos e instrumentos dos sistemas de produção da Área de Produção que não façam parte do processamento de óleo (operador P2) ou processamento de gás (operador P4). Interage remotamente, através de rádio de comunicação devidamente certificado, com os operadores P1 que ficam na CCR, como também eventualmente com os demais operadores P2 e P4.

O operador P3 exerce as seguintes tarefas:

- Passagem de turno entre operadores (operadores que chegam para o turno e operadores que vão descansar);
- Chegada de petróleo dos poços até as SDVs dos Manifolds de produção;
- Acionamento (partida) e desligamento (parada) da bomba de injeção de água, que opera com uma pressão de aproximadamente 200 kgf/cm². Acompanhamento do funcionamento e diagnóstico de falhas;
- Monitoramento dos instrumentos e operação das válvulas dos poços de injeção de água;
- Monitoramento dos instrumentos e operação das válvulas do HPU (*High Pressure Unit*);
- Monitoramento dos instrumentos e operação das válvulas do tanque de drenagem aberta de água e do tanque de água produzida;
- Abastecimento e injeção de produtos químicos nos vasos separadores bifásicos e trifásicos e nos tanques de drenagem aberta de água e de água produzida;
- Operação dos instrumentos e válvulas dos equipamentos de envio e recebimento de pig;
- Operação dos instrumentos e válvulas dos equipamentos e tubulações de exportação de gás e de *gas lifting*;
- Amostragem de água dos tanques de drenagem aberta de água e de água produzida;

- Comunicação via rádio com a sala de controle de operações de produção;
- Acompanhamento dos técnicos de manutenção, instrumentação e inspeção na realização de atividades na área industrial sob sua responsabilidade;
- Liberação e acompanhamento dos prestadores de serviços na realização de atividades na área industrial sob sua responsabilidade;
- Drenagem de água, condensando de gás e óleo de instrumentos, vasos, tubulações, acessórios dos equipamentos e tubulações etc;
- Acionamento manual de válvulas, para executar alinhamentos de rotina, provisórios ou emergenciais;
- Checklist de inspeção de área e medições realizadas via formulário de papel.

4.5.4.4 Operador P4

O operador P4 exerce suas funções na área industrial da plataforma, na planta de processamento de gás natural, em turnos de 12h.

Este operador é o responsável pelos equipamentos e instrumentos dos sistemas de compressão de gás natural, tratamento de gás natural e gás combustível, interagindo remotamente, através de rádio de comunicação devidamente certificado, com os operadores P1 que ficam na CCR. Eventualmente, também se comunica, através deste mesmo rádio, com os operadores P2 e P3.

O operador P4 exerce as seguintes tarefas:

- Passagem de turno entre operadores (operadores que chegam para o turno e operadores que vão descansar);
- Comunicação via rádio com a sala de controle de operações de produção;
- Acompanhamento dos técnicos de manutenção, instrumentação e inspeção na realização de atividades na área industrial sob sua responsabilidade;
- Liberação e acompanhamento dos prestadores de serviços na realização de atividades na área industrial sob sua responsabilidade;

- Drenagem de água, condensando de gás e óleo de instrumentos, vasos, tubulações, acessórios dos equipamentos e tubulações etc;
- Acionamento manual de válvulas, para executar alinhamentos de rotina, provisórios ou emergenciais;
- Acionamento (partida) e desligamento (parada) de compressores que operam a 200 kgf/cm². Acompanhamento do funcionamento e diagnóstico de falhas;
- Injeção de glicol, para sequestro de umidade, no vaso regenerador;
- Operação dos instrumentos e válvulas da torre de tratamento de DEA (di- etanol-amina), para remoção dos gases ácidos CO₂ e compostos de enxofre;
- Checklist de inspeção de área e medições realizadas via formulário de papel.

De forma geral, os operadores P2, P3 e P4 apresentam relações de trabalho bem diferentes dos operadores P1. Diferentemente dos operadores P1, que desempenham suas funções sempre dentro da CCR, todas as tarefas dos operadores P2, P3 e P4 são necessariamente na área industrial, onde estão expostos a intempéries, condições de mar, atmosferas explosivas etc. Um grande exemplo disto é a atividade de amostragem de óleo exercida pelo P1, apresentada pela Figura 17.



Figura 17 – Atividade de amostragem de óleo exercida pelo operador
(Fonte: www.petrobras.com.br, acesso em Dezembro de 2013)

4.5.5 Etapa 5 – Análise das atividades exercidas pelos operadores

De acordo com Falzon (2007) ergonomia é a disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema. Ou seja, é a disciplina que busca entender a interação entre o trabalhador – operador, a organização – diferentes equipes de trabalho, e o sistema complexo – sistemas, máquinas e equipamentos. Entende-se por máquinas e equipamentos desde os objetos de uso pessoal, passando por equipamentos como aviões, navios e automóveis, até as instalações industriais mais complexas e equipamentos de alta tecnologia como veículos espaciais, refinarias, usinas nucleares e plataformas de petróleo *offshore*.

A escolha do estudo e análise das atividades exercidas pelos operadores do sistema de processamento de óleo não foi aleatória. Há nesta atividade uma série de interações internas e externas, em um ambiente complexo de trabalho que demanda uma alta carga cognitiva de atenção dos operadores, além de uma intensa cooperação organizacional. E tudo isso é influenciado pela cultura organizacional da empresa, que pode apresentar uma robusta ou uma fraca cultura de segurança.

Além disso, o desempenho individual de cada um influencia no resultado do trabalho. Quando o desempenho é adequado, os resultados são os esperados e todo o processo de trabalho funciona dentro de parâmetros normais. No entanto, quando há algum tipo de distúrbio neste desempenho, ou seja, quando ocorre um “erro humano”, o resultado é indesejado e, algumas vezes, catastrófico, resultando em acidentes com grandes perdas materiais e fatalidades.

Portanto, se faz necessário analisar as atividades exercidas pelos operadores, que é o trabalho real executado, e identificar o quanto estas estão distantes das operações e procedimentos prescritos nas tarefas. Identificar a diferença entre o trabalho prescrito e o trabalho real é algo imprescindível para entender a dinâmica de interação entre o ser humano e o sistema tecnológico complexo no qual está inserido. Como apresentado por Gordon (1998), acidentes como o da plataforma

Piper Alpha (1988), ilustrado pela Figura 18, mostram claramente que o desempenho da interação entre o ser humano e um sistema sócio técnico complexo, envolvendo fatores humanos, técnicos, organizacionais e gerenciais, pode ser crucial para a ocorrência de um evento catastrófico.



Figura 18 – Acidente da Plataforma *Piper Alpha*, Julho de 1988

(Fonte: www.wikipedia.org, acesso em Fevereiro de 2014)

Então, o que deve ser feito para se evitar estes acidentes com grandes perdas materiais e fatalidades? Não há uma resposta exata para esta pergunta, mas não resta dúvida de que é necessário se debruçar sobre estas interações homem-máquina e compreender a influência dos fatores humanos deste cenário, identificando fatores intrínsecos e específicos de cada diferente processo de trabalho.

Segundo Swain e Guttmann (1983), os fatores que afetam o desempenho – FAD, ou “*performance shaping factors* – PSF são os diversos fatores que influenciam no desempenho dos trabalhadores em seu ambiente de trabalho, que podem ser divididos em três grandes grupos:

- **Fatores internos:** inerente a cada indivíduo. Têm relação com as características físicas, conhecimentos, experiência, motivações e expectativas de cada trabalhador.
- **Fatores externos:** todo o ambiente de trabalho em que o indivíduo está inserido. Questões ergonômicas relativas aos equipamentos e os procedimentos de trabalho, escritos ou não, são fatores externos de grande relevância.
- **Fatores estressores** (psicológicos e fisiológicos): são o resultado de um ambiente de trabalho em que as demandas exigidas ao operador são maiores que suas capacidades e limitações. Alguns autores, como Schwabe e Wolf (2013), afirmam que um ambiente com estas características, inserido em uma planta industrial complexa, é um local potencialmente propício a um acidente com grandes perdas e fatalidades.

Analisando especificamente cada FAD, Swain e Guttmann (1983) identificaram os seguintes fatores:

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 nos equipamentos;
- Diferenciação no formato / cor / localização para os controles / displays;
- Organização de plantões e o número de operadores por turno de trabalho;
- Necessidade de rapidez e precisão na execução de determinadas tarefas;
- Necessidade de interpretação para determinadas tarefas;
- Condições / “clima” para tomada de decisões;
- Repetitividade em determinadas tarefas;
- Grau de complexidade de 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 orais;
- Existência ou não de instruções escritas para realização de diagnóstico;
- Coerência nos métodos de trabalho;
- Erro de conteúdo e/ou de sequência nos procedimentos escritos;
- Confortabilidade 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;
- Condição física do operador.

Fatores Estressores

- Estresse em situações de emergência;

- Duração do estresse;
- Risco de exposição a perigos;
- Períodos longos de vigiância sem ocorrências;
- Aparição ocasional de ruídos ou outros fatores que causem distração;
- Disparos acidentais e rotineiros de alarmes;
- Caso de fadiga.

Em uma plataforma FPSO, um operador está sujeito à influência de grande parte destes fatores, realizando uma ou mais atividades ao mesmo tempo, o que aumenta sobremaneira a possibilidade de um acidente. E ainda, de acordo com Santos (2005), a sobreposição de atividades de trabalho gera consequências tais como: perda da informação, prejuízo da cooperação no seio da equipe, dificuldade na compreensão das informações, dentre outros.

Segundo Embrey (2001), uma 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. Fatores que afetam o desempenho, como os identificados por Swain e Guttman (1983), podem também ser utilizados no processo de investigação de um incidente ou acidente.

Percebe-se, então, que uma análise dos fatores humanos que influenciam o desempenho do ser humano em seu ambiente de trabalho deve ser cuidadosamente conduzida, buscando o entendimento da complexa e delicada relação entre o ser humano e os modernos sistemas complexos.

Este entendimento não visa somente alterar ou melhorar o desempenho do ser humano em sua função, em sua atividade laborativa. O grande objetivo é buscar uma alocação de fatores humanos que seja relevante para o gerenciamento de riscos de uma plataforma *offshore*, construindo um ambiente seguro de trabalho e uma cultura de segurança robusta e eficaz.

Neste estudo, o conceito e a teoria relacionada aos fatores humanos serão aqueles apresentados por Kariuki (2007). De acordo com este autor, os fatores humanos e

organizacionais que exercem influência no desempenho dos operadores podem ser classificados de diversas formas. No entanto é um desafio chegar a um consenso quanto a uma classificação mais abrangente destes fatores, pois há um grande espectro de elementos influenciadores e tem sido abordado de diferentes maneiras por diferentes autores. A Tabela 7 apresenta os fatores humanos mais relevantes identificados por Kariuki (2007), e que serão utilizados como a referência deste assunto para os estudos desta dissertação, sobretudo no que diz respeito ao levantamento dos fatores relevantes para o desempenho dos operadores a bordo.

Tabela 7 – Tradução livre de Kariuki e Löwe (2006), fatores humanos e organizacionais em uma planta industrial de processo.

(Fonte: Elaborado pelo autor, 2014)

FATORES	ATRIBUTOS
Organização (ORG)	A1 Fatores humanos e política de segurança
	A2 Cultura organizacional
	A3 Gerenciamento de mudanças
	A4 Desenvolvimento organizacional (auditorias e revisões)
	A5 Gerência & supervisão
Informação (INF)	B1 Treinamento
	B2 Procedimentos & desenvolvimento de procedimentos
	B3 Comunicação
	B4 Etiquetas & placas de sinalização
	B5 Documentação
Design do trabalho (JD)	C1 Força de trabalho, horário de trabalho
	C2 Trabalhos em turno & hora-extra
	C3 Trabalhos manuais
Interface Homem-Máquina (HSI)	D1 Design dos controles
	D2 Telas e displays
	D3 Painéis de controle na área industrial
	D4 Ferramentas manuais
	D5 Equipamentos & válvulas
Ambiente da tarefa (TE)	E1 Iluminação
	E2 Temperatura
	E3 Ruído
	E4 Vibração
	E5 Insalubridade

Lay-out do trabalho (WD)	F1 Lay-out do ambiente de trabalho
	F2 Configuração das estações de trabalho
	F3 Sala de controle
	F4 Acessibilidade
Características do operador (OP)	G1 Atenção / motivação
	G2 Adequação para a tarefa
	G3 Conhecimentos e habilidades

Em consonância com os conceitos de fatores humanos apresentados por Swain e Guttman (1983) e Kariuki e Löwe (2006), será apresentado nos próximos capítulos o estudo da observação, a bordo de uma plataforma FPSO, dos fatores humanos mais relevantes para alcançar os objetivos de segurança do trabalho e prevenção de acidentes propostos por este estudo.

4.5.6 Etapa 6 – Escolha e definição dos fatores que podem influenciar no desempenho dos operadores e que serão alocados no gerenciamento de risco do processo estudado

A Etapa 6 se constitui na escolha e definição dos fatores que podem influenciar no desempenho dos operadores que trabalham a bordo de uma plataforma FPSO, na área de produção, envolvidos em atividades relativas ao processamento de petróleo. Para tal, a rotina de trabalho destes operadores foi vivenciada e observada em um período de embarque de 4 (quatro) dias, onde diversas observações foram feitas, além de entrevistas e pesquisa através de questionários.

Com base nos fatores humanos e organizacionais evidenciados pelo estudo de Kariuki (2007), foi desenvolvido um questionário para se buscar a opinião dos próprios operadores a bordo, acerca dos fatores que podem influenciar em sua rotina de trabalho. Este documento, denominado de Questionário 1, além de possuir a finalidade de escolha e definição dos fatores que influenciam o desempenho, também tem como objetivo subsidiar o Questionário 2, que auxiliará na fase de avaliação da importância (peso) destes fatores.

No Questionário 1, apresentado no Apêndice A, foram apresentados 26 fatores para serem analisados pelos operadores a bordo, de modo que fossem selecionados aqueles que cada um julgasse presente no seu ambiente e que, de alguma forma, pudesse influenciar no seu desempenho laboral. Os 26 fatores apresentados foram os seguintes:

- Influência da cultura organizacional
- Manuseio de válvulas, chaves etc
- Realização de treinamentos
- Iluminação do ambiente de trabalho
- Existência de procedimentos
- Temperatura do ambiente de trabalho
- Comunicação entre trabalhadores
- Ruído no ambiente de trabalho
- Clareza de etiquetas e sinalizações
- Vibração no ambiente de trabalho
- Documentação necessária disponível
- Presença de produtos insalubres no ambiente
- Horário de trabalho
- Lay-out do ambiente de trabalho
- Atividades após o expediente / noturno
- Localização das estações de trabalho
- Atividades manuais
- Conservação do ambiente de trabalho
- Design dos controles dos equipamentos
- Acessibilidade no ambiente de trabalho
- Telas e displays dos equipamentos
- Atenção e motivação do operador nas tarefas
- Conservação dos equipamentos
- Adequação do operador para a tarefa
- Manuseio de ferramentas manuais
- Conhecimentos e habilidades do operador

Neste questionário, de modo a atender às exigências da Empresa que permitiu o embarque na plataforma FPSO, e também para deixar os operadores menos pressionados a responder, não foi exigida nenhuma identificação de nome, matrícula ou coisa que o valha, sendo os operadores designados de A1, A2 etc ou E1, E2 etc.

O Questionário 1 foi respondido por 25 operadores diferentes, em turnos diferentes, e em locais diferentes – painel (sala de controle) e área (planta industrial).

Além da lista de fatores a serem assinalados, foi também promovido por este questionário um espaço livre para opiniões acerca do seu trabalho, onde alguns operadores apresentaram suas opiniões. O anonimato do questionário permitiu maior liberdade de expressão dos trabalhadores, contribuindo, de certa forma, para a compreensão da dualidade entre atividade e tarefa. Por exemplo, em relação aos procedimentos, a seguinte declaração foi apresentada:

“A existência de alguns procedimentos não se justifica como apoio operacional. São superficiais, omissos e pouco abrangentes. Durante vários anos de VCP, são apontados vários itens para atualização que nunca ocorrem.”

Durante as entrevistas, foi evidenciado que grande parte dos operadores possui ensino superior completo, apesar de exercerem um cargo de função técnica. Neste aspecto, esta formação, na maioria das vezes na área de engenharia, capacita os operadores a compreender com mais propriedade a sua planta industrial e a evolução tecnológica do seu ambiente de trabalho. Além disso, praticamente todos os operadores afirmaram que a experiência e conhecimento da planta industrial são imprescindíveis para a realização de suas tarefas, sobretudo em cenários de emergências ou crises, onde se precisa “sentir”, “ouvir” e “compreender” os equipamentos e processos.

A consolidação das respostas do Questionário 1, feita através de planilha Excel[®], evidenciou que as opiniões dos operadores convergiram para a seleção de cinco, destes 26 fatores, como os mais relevantes para a sua rotina de trabalho. Estes fatores mais destacados pelos 25 operadores respondentes são os seguintes:

1. Comunicação entre trabalhadores: 22 assinalados.
2. Ruído no ambiente de trabalho: 20 assinalados.
3. Conhecimentos e habilidades do operador: 20 assinalados.
4. Conservação dos equipamentos: 19 assinalados.
5. Realização de treinamentos: 18 assinalados.

E de fato, nas observações a bordo, o ruído no ambiente de trabalho se apresentou como um fator relevante, tanto para o operador que fica no painel, quanto para o operador que fica na área. No entanto, para este último, fica ainda mais crítico este fator, inclusive em locais onde há necessidade de dupla proteção auditiva de EPIs, ou seja, utilização de protetor auricular tipo plugue e protetor auricular tipo concha, ambos simultaneamente. E no caso específico do trabalhador *offshore* em turno, que trabalha durante a noite, e dorme durante o dia, o ruído das atividades diurnas e da entrada e saída de pessoas dos camarotes são fatores críticos associados ao ruído do ambiente de trabalho. Alguns operadores evidenciaram esta questão do ruído no contexto do trabalhador de turno através de depoimentos no Questionário 1:

“O barulho durante o dia incomoda, não sendo possível dormir direito em alguns dias, o que causa sonolência durante o turno da noite.”

Esta sonolência, declarada pelo respondente, de acordo com Rodrigues (2010), pode vir a se tornar uma das causas de um acidente. Segundo este autor, acidentes de grandes proporções como o de *Three Mile Island* (1979), apresentaram como fatores contribuintes do acidente o desempenho inadequado de operadores cansados que trabalharam no turno da noite. Ou seja, além da inversão do dia para a noite, este operador chega ao trabalho noturno já cansado.

O fator conservação de equipamentos também está muito presente, pois notadamente, o ambiente *offshore* acelera os processos de desgaste dos equipamentos, quer seja por questões relativas à atmosfera salina, quer seja por questões de exposição a intempéries. Adicionalmente, devido à distância da costa, algumas plataformas não apresentam programas de manutenção e inspeção satisfatórios, o que compromete ainda mais a conservação dos equipamentos e evidencia a importância deste fator.

A comunicação entre os trabalhadores, o fator mais assinalado no questionário, nas observações feitas a bordo, também se mostrou muito relevante, com destaque para a comunicação na passagem de turno, momento onde, historicamente, as falhas de comunicação ou informações causaram grandes acidentes. De acordo com Matsen (2011), a comunicação entre as equipes de manutenção foi um dos fatores determinantes para a ocorrência do acidente de *Piper Alpha* (1988). Ademais, a troca de informações e comunicação com a base operacional, as gerências e

coordenações em terra também se mostraram pontos críticos de falhas. Ainda no quesito comunicação, os trabalhadores a bordo também classificaram a comunicação com os familiares em terra também um fator crítico para o trabalho *offshore*. Esta comunicação, em princípio, busca amenizar a distância do trabalho *offshore* e saudade dos entes queridos. No entanto, quando esta tem a função de informar os problemas pessoais de terra a quem está a bordo, o efeito é justamente o contrário, afetando consideravelmente o comportamento do trabalhador.

Em relação ao segundo objetivo do Questionário 1, que é subsidiar o Questionário 2, foi necessário selecionar, destes 26 fatores analisados, aqueles de maior relevância para a pesquisa. Como pode ser visto na Figura 19, que é a reprodução da planilha de consolidação de dados, os cinco fatores mais assinalados já são um ponto de partida para a segunda fase.

Item	Operadores (25 respondentes)																											
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14		A15	A16	A17	A18	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7		
Influência da cultura organizacional	1	1			1	1	1				1							1								1	1	9
Realização de treinamentos	1	1		1	1	1	1	1			1			1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	18	
Existência de procedimentos	1		1	1	1	1	1	1						1	1			1	1	1	1			1	1	1	16	
Comunicação entre trabalhadores	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	
Clareza de etiquetas e sinalizações	1														1		1	1					1	1	1	7		
Documentação necessária disponível	1			1		1								1	1	1	1	1	1				1	1	1	12		
Horário de trabalho	1				1	1	1					1			1	1			1	1	1		1	1	12			
Atividades após o expediente / noturno	1				1			1	1	1	1	1	1	1				1			1		1		12			
Atividades manuais	1	1													1			1				1	1		6			
Design dos controles dos equipamentos	1			1		1									1			1				1	1	1	8			
Telas e displays dos equipamentos	1					1		1										1				1	1	1	7			
Conservação dos equipamentos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19		
Manuseio de ferramentas manuais	1				1		1							1					1	1		1	1	1	9			
Manuseio de válvulas, chaves etc	1				1			1											1	1			1	1	7			
Iluminação do ambiente de trabalho	1		1	1	1		1			1				1	1			1	1	1		1	1	1	14			
Temperatura do ambiente de trabalho			1			1	1	1					1	1	1			1	1	1		1	1	1	13			
Ruído no ambiente de trabalho	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20		
Vibração no ambiente de trabalho	1			1			1			1	1	1	1	1	1			1	1	1		1	1	1	15			
Presença de produtos insalubres no ambiente	1		1	1									1					1	1				1	1	1	10		
Lay-out do ambiente de trabalho	1				1	1				1				1	1	1		1						1	9			
Localização das estações de trabalho	1	1				1	1	1					1									1	1	1	9			
Conservação do ambiente de trabalho	1		1		1	1	1	1						1	1	1	1		1	1		1		1	14			
Acessibilidade no ambiente de trabalho	1			1	1		1	1							1	1						1	1		9			
Atenção e motivação do operador nas tarefas	1		1			1	1			1	1	1		1				1	1	1			1	1	1	14		
Adequação do operador para a tarefa	1		1			1	1	1			1	1	1	1	1	1		1	1	1			1	1	1	14		
Conhecimentos e habilidades do operador	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20		

Figura 19 – Reprodução da planilha de consolidação dos dados do Questionário 1
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Para selecionar desta planilha de consolidação de dados os fatores mais relevantes para a segunda fase do estudo, foi aplicada a Regra de Pareto, que postula que para um dado fenômeno em estudo, 80% das consequências advêm de 20% das

causas. Ou seja, dos 26 fatores apresentados, 5,2 são os mais relevantes para o estudo. Como não é possível analisar valores fracionados, serão considerados 6 fatores para a segunda fase do estudo, o que abrange com propriedade os 5 fatores mais assinalados pelos operadores a bordo, resultando na seguinte lista de fatores de maior relevância:

- Comunicação entre trabalhadores;
- Ruído no ambiente de trabalho;
- Conhecimentos e habilidades do operador;
- Conservação dos equipamentos;
- Realização de treinamentos;
- Existência de procedimentos.

Na Etapa seguinte, estes fatores serão analisados pelos mesmos operadores que responderam ao Questionário 1, mas agora com um novo enfoque metodológico.

4.5.7 Etapa 7 – Avaliação dos fatores que podem influenciar no desempenho dos operadores

Nesta Etapa, os 6 fatores mais relevantes evidenciados pelo Questionário 1 serão analisados comparativamente um a um, de modo a serem atribuídos pesos de importância a cada um deles.

Para se realizar o estudo comparativo dos pesos de importância de cada um destes fatores, será necessário se apropriar de um método de análise que possa fazer comparações hierarquizadas entre estes 6 fatores e, para tal, será aplicado o Método de Análise Hierárquica, também conhecido como Método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desenvolvido por Saaty (1980).

Este é um método matemático e analítico capaz de priorizar elementos mediante a consideração de múltiplos itens, em estudos em que estes itens são de natureza intuitiva ou subjetiva, permitindo uma análise qualitativa e quantitativa, de acordo com os parâmetros matemáticos da própria técnica.

Segundo Saaty (1980), os elementos decisórios, que no caso deste estudo são os 6 fatores selecionados pela Regra de Pareto, podem ser representados através de uma matriz quadrada, em que os seus elementos poderão ser comparados par a par. Ou seja, dada a matriz quadrada “A” a seguir, o elemento a_{ij} desta matriz representa o valor da comparação entre os critérios de decisão da linha i com a coluna j .

$$\text{“A”} = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \dots & \cdot & \dots \\ 1/a_{1n} & \cdot & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

Por definição o elemento a_{ij} será igual a 1 ($a_{ij} = 1$), se i for igual a j , o que no caso da comparação dos 6 fatores deste estudo, significa que é o mesmo fator comparado consigo mesmo, o que corresponde ao valor 1. Com isso, percebe-se que a diagonal principal desta matriz quadrada, onde se encontram os elementos com $i = j$, sempre apresentará valores numéricos iguais a 1, pois não relação de prioridade ou dominância entre elementos rigorosamente iguais.

Também por definição, o elemento a_{ji} será o inverso do elemento a_{ij} , ou seja, $a_{ji} = (a_{ij})^{-1}$. Isto faz muito sentido quando se aplica o Questionário 2, pois se um fator F1, por exemplo, é mais importante que F2, logo, este fator F2 será menos importante que F1, o que caracteriza esta relação de oposição e corrobora a relação matemática inversa.

Para se construir esta matriz quadrada, Saaty (1980) propôs atribuir valores para cada elemento decisório a_{ij} de acordo com uma escala específica, denominada Escala Fundamental de Saaty (1980), representada na Tabela 8. Desta forma, a opinião subjetiva de um respondente, frente à comparação para a par dos 6 fatores apresentados neste estudo, transforma-se de um elemento intuitivo para uma escala de valores numéricos.

Tabela 8 – Reprodução da Escala Fundamental de Saaty (1980)
(Fonte: Araya et al, 2004)

Escala Fundamental de Saaty (1980)		
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Para estruturar o Método AHP nesta etapa do estudo, foi enviado por e-mail, aos mesmos operadores respondentes do Questionário 1, um novo questionário, denominado Questionário 2, onde os 6 fatores anteriormente destacados, poderiam ser comparados par a par. No Questionário 2, foram apresentadas 15 perguntas comparativas aos respondentes, que deveriam ser respondidas de acordo com a seguinte escala adaptada de Saaty (1980):

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

Para a construção das matrizes quadradas, que no caso deste estudo são da ordem 6x6, se faz necessário fazer a correspondência entre a escala do Questionário 2 e a Escala Fundamental de Saaty (1980). Desta forma, foi criada uma tabela comparativa, representada na Tabela 9, onde esta relação entre as duas escalas foi determinada.

Tabela 9 – Escala Fundamental de Saaty (1980) adaptada para o Questionário 2,
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Escala Fundamental de Saaty (1980) adaptada para o Questionário 2		
		Opções de respostas do Questionário 2
1	Igual importância	Tão importante quanto (2ª opção)
3	Importância pequena de uma sobre a outra	Menos importante que (1ª opção)
5	Importância grande ou essencial	Mais importante que (3ª opção)
7	Importância muito grande ou demonstrada	Ainda mais importante que (4ª opção)
9	Importância absoluta	Extremamente mais importante que (5ª opção)
2,4,6,8	Valores intermediários	Nenhuma das respostas anteriores (6ª opção)

Dos 25 operadores que responderam ao Questionário 1, apenas 11 destes responderam ao Questionário 2. Analisando este fato, pode-se inferir que esta baixa adesão se deve aos seguintes elementos:

- Esta segunda fase foi realizada por e-mail, e não a bordo. A presença do interlocutor a bordo, durante a realização da primeira parte do estudo, pode ter sido um fator estimulante de resposta.
- As escalas de embarque, devido a necessidades da própria Empresa, foram alteradas, fazendo com que alguns operadores que foram entrevistados na primeira fase, não estivessem a bordo durante a segunda fase.
- Por ser mais complexo e possuir mais folhas de respostas que o Questionário 1 (apenas 1 página), os operadores não se estimularam a responder às 3 páginas do Questionário 2.

Diante disso, foram então analisados, sob a ótica do Método AHP, as respostas dos Questionários 2. Para tal, cada fator recebeu uma designação “F”, apresentada na Tabela 10, de forma a compor as colunas e linhas das matrizes de cada um dos respondentes.

Tabela 10 – Designação “F” dos fatores dos respondentes
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Designação dos Fatores Identificados	
Comunicação entre trabalhadores	F1
Realização de treinamentos	F2
Existência de procedimentos	F3
Ruído no ambiente de trabalho	F4
Conservação dos equipamentos	F5
Conhecimentos e habilidades do operador	F6

Com isso, foram construídas 11 matrizes quadradas 6x6, que correspondem a aplicação da Técnica AHP no Questionário 2, que foi respondido por 11 operadores dentre os 25 que já haviam respondido ao Questionário 1. A título de exemplo, a Tabela 11 apresenta a matriz do Respondente A2. As demais matrizes, dos Respondentes A4, A5, A6, A9, A11, A13, A14, A18, E2 e E5 estão apresentadas nos Apêndices desta dissertação.

Tabela 11 – Matriz de Comparação dos Fatores do Respondente A2
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Respondente A2						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	3	3	1	1	1
F2	0,33	1	1	1	1	1
F3	0,33	1,00	1	1	3	3
F4	1,00	1,00	1,00	1	3	3
F5	1,00	1,00	0,33	0,33	1	1
F6	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1

Segundo Araya et al (2004), a próxima etapa do método é a definição dos pesos de comparação entre os elementos da matriz quadrada. Utilizando a matriz quadrada “A”, o Método AHP calcula resultados parciais do conjunto A dentro de cada critério $v_i (A_j)$, $j = 1, \dots, n$, denominado valor de impacto da alternativa j em relação a alternativa i, em que estes resultados representam valores numéricos das opiniões

subjetivas dadas pelos respondentes a cada comparação de alternativas. Tais resultados são normalizados pela expressão:

$$\sum_{i=1}^n v_i(A_j) = 1 \quad j = 1, \dots, n$$

Onde n corresponde ao número de alternativas ou elementos comparados. Cada parte desse somatório consiste em:

$$v_i(A_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad j = 1, \dots, n$$

Isso faz com que o vetor de prioridades da alternativa i , em relação ao critério de importância dos fatores seja definido pela seguinte equação:

$$v_k(A_i) = \sum_{j=1}^n v_i(A_j)/n \quad i = 1, \dots, n$$

Ou seja, continuando no exemplo da matriz do Respondente A2, para a se determinar os pesos de importância de cada um dos fatores da matriz, é necessário fazer o somatório de cada elemento a_{ij} de cada uma das colunas, de acordo com o apresentado na Tabela 12, que é a matriz do Respondente A2 com estes cálculos.

Tabela 12 – Matriz de Comparação dos Fatores do Respondente A2 com o cálculo da soma dos elementos a_{ij} de cada coluna
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Respondente A2						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	3	3	1	1	1
F2	0,33	1	1	1	1	1
F3	0,33	1,00	1	1	3	3
F4	1,00	1,00	1,00	1	3	3
F5	1,00	1,00	0,33	0,33	1	1
F6	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1
TOT	4,67	8,00	6,67	4,67	10,00	10,00

Em seguida, é necessário construir uma nova matriz, onde cada um dos seus elementos a_{ij} será o peso relativo de cada um dos fatores F1 a F6 da coluna à esquerda, comparados par a par com cada um dos fatores F1 a F6 da linha superior. Para isso, é necessário dividir cada um dos elementos a_{ij} da matriz apresentada na Tabela 12 pelo valor TOT obtido pela soma dos elementos de cada coluna.

Nesta nova matriz de pesos comparativos dos fatores F1 a F6 do Respondente A2, a média ponderada simples dos elementos a_{ij} de cada uma das linhas, resultará no peso relativo PR de cada um dos fatores F1 a F6 para o Respondente A2, de acordo com o apresentado na Tabela 13, que é a nova matriz de pesos comparativos do Respondente A2 com estes cálculos.

Tabela 13 – Matriz de Pesos Relativos PR dos Fatores F1 a F6, do Respondente A2
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Respondente A2 -Peso							PR
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
F1	0,21	0,38	0,45	0,21	0,10	0,10	0,24
F2	0,07	0,13	0,15	0,21	0,10	0,10	0,13
F3	0,07	0,13	0,15	0,21	0,30	0,30	0,19
F4	0,21	0,13	0,15	0,21	0,30	0,30	0,22
F5	0,21	0,13	0,05	0,07	0,10	0,10	0,11
F6	0,21	0,13	0,05	0,07	0,10	0,10	0,11
TOT	1	1	1	1	1	1	

Analisando a Tabela 13, que é a matriz de pesos comparativos dos Fatores F1 a F6 do Respondente A2, percebe-se que a escala de prioridade destes fatores, para este respondente, apresenta-se da seguinte forma:

1ª PR, F1: *Comunicação entre trabalhadores*, com 24% de importância sobre os demais fatores. Este é o fator mais importante para este respondente.

2ª PR, F4: *Ruído no ambiente de trabalho*, com 22% de importância.

3ª PR, F3: *Existência de procedimentos*, com 19% de importância.

4ª PR, F2: *Realização de treinamentos*, com 13% de importância.

5ª PR, F5: *Conservação dos equipamentos*, e F6: *Conhecimentos e habilidades do operador*, ambos com igualmente 11% de importância sobre os demais fatores.

Para que todos estes cálculos e considerações possam ser válidos, o Método AHP também apresenta uma metodologia de análise de consistência dos dados. Tendo como base que a matriz “A” é uma matriz recíproca, se todos os juízos de valor dos respondentes fossem perfeitos, em todas as comparações seria possível verificar que $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$, para qualquer i, j, k . Portanto, segundo este procedimento, a matriz A seria consistente. (Araya et al, 2004)

Seja n o número de elementos a serem comparados, λ_{max} o autovetor de A e w o vetor de prioridades. Caso as opiniões emitidas pelos respondentes sejam perfeitamente consistentes, têm-se $\lambda_{max} = n$ e $a_{ij} = w_i/w_j$. Contudo, quase sempre se encontra alguma inconsistência, o que inclusive é admitido pelo próprio Método AHP. Esta inconsistência pode ser medida da seguinte maneira: quanto mais próximo estiver o valor λ_{max} de n , maior será a consistência das opiniões. Com isso, Saaty (1980) demonstrou que, sendo A a matriz de valores, deverá ser encontrado o vetor que satisfaça a equação $Aw = \lambda_{max} \times w$. E para obter o autovetor a partir desta equação, tem-se:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \frac{[A_w]_i}{w_i}$$

Segundo (Saaty, 1980 apud Araya et al, 2004) pequenas variações em a_{ij} implicam pequenas variações em λ_{max} , em que o desvio do autovetor em relação a n (número de ordem da matriz) é considerado uma medida de consistência. Portanto é possível afirmar que λ_{max} permite avaliar a proximidade da escala desenvolvida por Saaty (1980) com a escala de razões ou quocientes que seria usada se a matriz A fosse totalmente consistente. Isso pode ser feito por meio de um Índice de Consistência (IC). De acordo com o Teorema 1 de Saaty (1980), A é consistente se, e somente se, $\lambda_{max} \geq n$. Ou seja, se a matriz A é consistente, então, quando for calculada a magnitude da perturbação da matriz A, utilizando a relação $IC = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$, o IC terá um valor menor que 0,1.

No entanto, (Saaty, 1993 apud Araya et al, 2004) admite que a inconsistência pode ser inerente ao comportamento humano. Diante disso, é importante notar que a inconsistência em uma matriz de decisão deve servir, em tal contexto, mais como um fator de alerta para o estudo do que um fato necessariamente não desejável. Desta forma, deve-se tomar muito cuidado com processos matemáticos que forcem a obtenção da consistência, já que podem alterar significativamente o resultado da pesquisa.

Considerando estas questões relativas à consistência dos dados das matrizes, Saaty (1980) propõe o cálculo da Razão de Consistência (RC), obtida pela equação: $RC = IC/IR$, onde IC corresponde ao Índice de Consistência calculado a partir da equação $IC = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ anteriormente apresentada. O elemento IR é um índice aleatório, calculado para matrizes quadradas de ordem n pelo Laboratório Nacional de *Oak Ridge*, EUA. Alguns valores de IR são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Reprodução da Tabela de Valores de IR para Matrizes Quadradas de Ordem n
(Fonte: Araya et al, 2004)

Valores de IR para Matrizes Quadradas de Ordem n , segundo o Laboratório Nacional de <i>Oak Ridge</i> , EUA						
n	2	3	4	5	6	7
IR	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32

Quanto maior for RC, maior será a inconsistência. Quando $n = 2$, RC é nulo; quando $n = 3$, RC deve ser menor que 0,05; quando $n = 4$, RC deve ser menor que 0,09. Em geral, uma inconsistência considerada aceitável para $n > 4$ é RC menor ou igual a 0,10. (Araya et al, 2004)

De posse da metodologia de análise de consistência e os cálculos matemáticos postulados por Saaty (1980), as 11 matrizes obtidas a partir dos 11 Respondentes foram analisadas em relação a sua consistência. Para se analisar a consistência destas matrizes, ainda tomando como exemplo a matriz do Respondente A2, foram realizados os seguintes cálculos:

A matriz do Respondente A2 6x6 foi multiplicada pela matriz 6x1 correspondente aos pesos PR desta mesma matriz, como pode ser visto na Tabela 15.

Tabela 15 – Produto entre a Matriz do Respondente A2 e a Matriz PR dos seus Pesos Relativos correspondentes

(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Respondente A2							X		
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR	=	
F1	1	3	3	1	1	1	0,24		1,64
F2	0,33	1	1	1	1	1	0,13		0,84
F3	0,33	1,00	1	1	3	3	0,19		1,28
F4	1,00	1,00	1,00	1	3	3	0,22		1,44
F5	1,00	1,00	0,33	0,33	1	1	0,11		0,73
F6	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1	0,11		0,73

Os valores a_{ij} desta nova matriz 6x1, de acordo com o método proposto por Saaty (1980) foram divididos um a um pelos seus respectivos pesos PR, resultando em outra matriz 6x1, como pode ser visto na Tabela 16.

Tabela 16 – Matriz “/peso” do Respondente A resultante da divisão da Matriz 6x1 anterior pelos Pesos Relativos PR correspondentes

(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Respondente A2							X		
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR	=	/peso
F1	1	3	3	1	1	1	0,24	1,64	6,77
F2	0,33	1	1	1	1	1	0,13	0,84	6,61
F3	0,33	1,00	1	1	3	3	0,19	1,28	6,61
F4	1,00	1,00	1,00	1	3	3	0,22	1,44	6,63
F5	1,00	1,00	0,33	0,33	1	1	0,11	0,73	6,59
F6	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1	0,11	0,73	6,59

Os elementos a_{ij} desta nova matriz “/peso” foram somados, um a um, resultando no valor numérico de 39,82 que dividido pela ordem da matriz resultará no valor λ_{\max} desta matriz. Ou seja: $39,82/6 = 6,64$. Como $6,64 > 6$ (ordem da matriz), o Teorema 1 de Saaty (1980), que afirma que a matriz A é consistente se, e somente se, λ_{\max} for maior ou igual a n está satisfeito.

Além disso, também foi determinada a consistência desta matriz através da Razão de Consistência RC que, para atestar a consistência, este RC deve ser menor ou igual a 0,10. Mas antes do cálculo de RC, é necessário encontrar IC, que é o Índice de Consistência da matriz, calculado através da seguinte equação:

$$IC = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) = (6,64 - 6)/(6 - 1) = 0,1272$$

Para o cálculo de IC, tem-se: $IC = IC/IR = 0,1272/1,24 = 0,1026$

Ou seja, se o IC da matriz do Respondente 2 é igual a 0,1026 este satisfaz a condição de consistência de que IC deve ser menor ou igual a 0,10. Os cálculos da consistência desta matriz foram realizados na mesma planilha que gerou a Matriz do Respondente A2, como pode ser verificado na Tabela 17.

Tabela 17 – Cálculos matemáticos da Razão de Consistência de Saaty (1980) da Matriz do Respondente 2
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Respondente A2							X				
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR	=	/peso		
F1	1	3	3	1	1	1	0,24	1,64	6,77		
F2	0,33	1	1	1	1	1	0,13	0,84	6,61	Soma	39,82
F3	0,33	1,00	1	1	3	3	0,19	1,28	6,61	Soma/6	6,64
F4	1,00	1,00	1,00	1	3	3	0,22	1,44	6,63	Ic =	0,1272
F5	1,00	1,00	0,33	0,33	1	1	0,11	0,73	6,59	Rc =	0,1026
F6	1,00	1,00	0,33	0,33	1,00	1	0,11	0,73	6,59	Rc%	10%

Os cálculos da Razão de Consistência foram realizados para todas as matrizes dos 11 respondentes desta fase da pesquisa. Algumas matrizes se mostraram consistentes, enquanto que outras apresentaram valores acima de 0,10 como pode ser visto na Tabela 18, que consolida os dados de RC de cada uma das matrizes dos 11 Respondentes A2, A4, A5, A6, A9, A11, A13, A14, A18, E2 e E5.

Tabela 18 – Tabela de Consolidação dos dados de RC das matrizes dos 11 Respondentes
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Tabela de Análise dos RC das matrizes dos Respondentes						
Respondente	RC	Fator F mais importante		Fator F menos importante		Consistente
		Fator	Valor	Fator	Valor	
A2	0,1026	F1	0,24	F5, F6	0,11	SIM
A4	0,0954	F1	0,29	F5, F6	0,08	SIM
A5	0,1837	F1	0,30	F6	0,11	Não
A6	0,1659	F1	0,26	F2	0,12	Não
A9	0,1950	F3	0,23	F5	0,11	Não
A11	0,1039	F1	0,31	F3, F5, F6	0,12	SIM
A13	0,0911	F1, F2	0,20	F6	0,12	SIM
A14	0,1138	F1	0,34	F6	0,05	Não ...
A18	0,1710	F1	0,24	F6	0,12	Não
E2	0,1005	F1	0,25	F6	0,11	SIM
E5	0,1163	F1	0,29	F6	0,07	Não ...

Analisando esta consolidação dos dados de consistência, percebe-se que 5 matrizes estão consistentes e 6 não estão consistentes, pois o índice RC destes Respondentes apresentaram valores abaixo, ou igual a 0,10 ou 10%, que são os seguintes:

- Respondente A2, RC = 0,1026.
- Respondente A4, RC = 0,0954.
- Respondente A11, RC = 0,1039.
- Respondente A13, RC = 0,0911.
- Respondente E2, RC = 0,1005.

É notado também que os Respondentes A14 e E5, na Tabela 19, apresentam valores de RC que ficaram limítrofes a 0,10 podendo estas matrizes também ser consideradas como consistentes, em uma análise menos rigorosa. Ademais, percebe que o Fator F mais importante e menos importante dos Respondentes A14

e E5 também coincidem com o Fator F mais importante e menos importante dos Respondentes que tiveram sua consistência assegurada, o que corrobora ainda mais a possibilidade de considerar as matrizes dos Respondentes A14 e E5 também como consistentes. No entanto, esta postura não será adotada neste estudo, ou seja, somente serão consideradas as matrizes consistentes, com RC igual ou menor que 0,10 que corresponde aos Respondentes A2, A4, A11, A13 e E2.

Considerando apenas as matrizes integralmente consistentes dos Respondentes A2, A4, A11, A13 e E2, foram analisados os pesos de cada um dos fatores F de cada uma destas matrizes, calculando a média ponderada simples destes pesos, como pode ser verificado na Tabela 19.

Tabela 19 – Tabela de Consolidação das Médias do PR das matrizes consistentes de 5 respondentes

(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

FATOR	Respondentes					Média
	A2	A4	A11	A13	E2	
F1	0,24	0,29	0,31	0,20	0,25	0,257
F2	0,13	0,20	0,18	0,20	0,15	0,173
F3	0,19	0,24	0,12	0,13	0,12	0,162
F4	0,22	0,11	0,15	0,17	0,20	0,168
F5	0,11	0,08	0,12	0,19	0,16	0,132
F6	0,11	0,08	0,12	0,12	0,11	0,108

A coluna “Média” da Tabela 19 apresenta 6 valores numéricos distintos da média ponderada do PR dos 6 fatores analisados pelo Questionário 2, alcançando o objetivo desta fase do estudo, que é identificar e categorizar a importância dos fatores que afetam o desempenho do operador a bordo, evidenciando a importância de cada um destes fatores, dentro do contexto do gerenciamento de riscos de sistemas complexos *offshore*.

Desta forma, a partir desta conclusão, a escala de importância dos 6 fatores humanos mais relevantes, na opinião dos especialistas a bordo, para sua rotina de trabalho, é a seguinte:

1º Comunicação entre trabalhadores (F1): 25,7% de importância.

2º Realização de treinamentos (F2): 17,3% de importância.

3º Ruído no ambiente de trabalho (F4): 16,8% de importância.

4º Existência de procedimentos (F3): 16,2% de importância.

5º Conservação dos equipamentos (F5): 13,2% de importância.

6º Conhecimentos e habilidades do operador (F6): 10,8% de importância.

No Capítulo 5, de posse desta categorização de importância dos fatores estudados, será apresentada uma proposta de alocação de fatores humanos em um cenário acidental relevante para o gerenciamento de riscos de sistemas complexos *offshore*.

5 RESULTADO FINAL

Com a consolidação dos resultados dos Questionários 1 e 2, seis fatores foram identificados como os fatores mais relevantes para o trabalho de operação da área de produção de uma plataforma FPSO. Além disso, foi também realizado a categorização destes seis fatores, elencando dentre eles os mais relevantes para a rotina de trabalho dos operadores. No presente capítulo, já de posse de todos estes resultados, será feita a alocação destes fatores em um cenário acidental relevante para o gerenciamento de riscos desta plataforma, através da opinião de especialistas em fatores humanos.

5.1 Cenário acidental relevante no gerenciamento de riscos do processo em estudo

Para se estruturar a alocação de fatores humanos no gerenciamento de riscos do processo em estudo, é necessário analisar um cenário acidental relevante que já tenha acontecido ou um cenário acidental previsto nas análises de risco da planta industrial. Desta forma, foi escolhido um cenário acidental de um acidente não fatal, mas que comprometeu consideravelmente o processo de produção, além de ter causado danos ambientais.

Este cenário acidental fictício, mas relevante, é baseado em diversos acidentes com as mesmas características que aconteceram em unidades FPSO de várias empresas de petróleo, e caracteriza-se por ser um grande vazamento de petróleo.

CENÁRIO ACIDENTAL: Vazamento de óleo na área de produção de uma plataforma FPSO.

1 – Dentro da sala de controle principal, o operador da área de produção, que estava no painel, designado P1, recebe na tela um alarme de emergência com ESD, com a confirmação de gás na área externa da planta industrial de produção.

2 – O operador P1 entra em contato, através de rádio intercomunicador, com o operador de produção da área industrial, designado P2, que se encontrava no contêiner da área de produção, local onde há dois operadores, sendo o P2 responsável pela área de produção, liberação de PT na área, amostragens etc.

3 – O operador P2 se dirige para o local indicado pelo operador P1 e confirma, via rádio, a presença de óleo cru no piso e nas rotas de fuga da área de produção.

4 – Analisando o cenário na área, o operador P2, após alguns minutos, identifica o vazamento de óleo pelo orifício de conexão do instrumento de medição de nível do vaso separador principal (vaso separador trifásico) do trem A. Este instrumento encontra-se fisicamente instalado em uma tubulação de 12 polegadas que interliga este vaso aos outros estágios de tratamento de óleo do processo, mas veio a se romper quase que por completamente, gerando um grande vazamento de óleo no ponto de ruptura. A pressão de operação normal do vaso separador principal é de 8 a 10 kgf/cm².

5 – O operador P2 informou por rádio que encontrou a causa do vazamento e, de modo a cessar a perda de óleo, solicitou ao operador P1 que desviasse a produção da plataforma para o trem B, ou seja, o separador de teste, de modo que então possa, na área, operar algumas válvulas manuais para cessar com o vazamento.

6 – O operador P1 solicitou que o operador P2 aguardasse na área a autorização, para operar as válvulas, pois até onde ele sabia, o separador de teste, no trem B estava parado para manutenção.

7 – Com receio de uma explosão ou incêndio, o operador P2 se afasta do cenário acidental, mas não muito, para aguardar a autorização via rádio. Após cerca de 5 minutos, o operador P1 volta a se comunicar com o operador P2, informando que o trem A foi parado por ele, e que as ações para conter o vazamento já poderiam ser tomadas. O operador P1 volta ao cenário acidental, manobra quatro válvulas manuais e, com isso, cessa o vazamento. Neste momento, a área de processo, o

separador principal, os equipamentos próximos a este separador e o próprio operador P2, estão extremamente sujos de óleo. De forma a exemplificar este cenário, a Figura 21 apresenta um ambiente *offshore* de vazamento de óleo muito similar a este cenário apresentado.

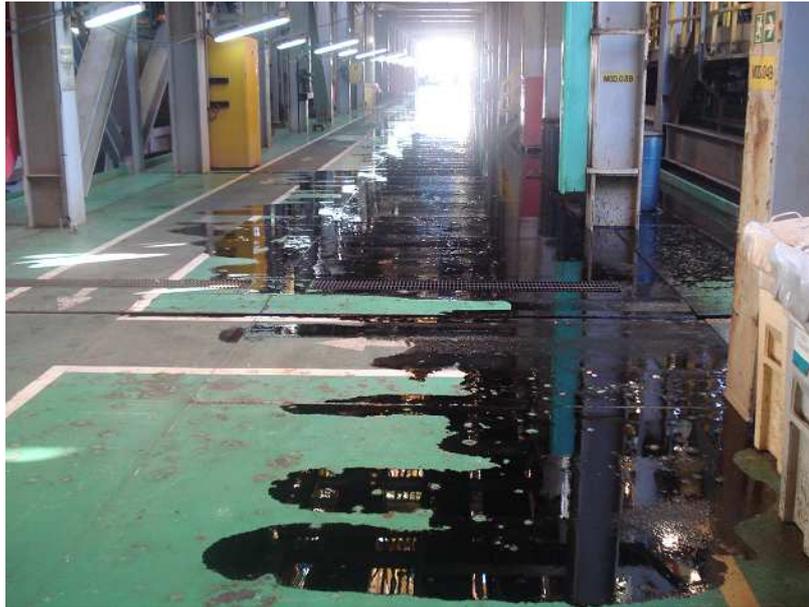


Figura 20 – Exemplo de cenário de vazamento de óleo em uma planta industrial *offshore*
(Fonte: Acervo pessoal do autor, 2014)

8 – O operador P2 entra em contato por rádio com o operador P1 e informa que o vazamento foi contido, mas que a planta industrial está coberta de óleo. Parte do óleo vazado ficou represada nas bacias de contenção dos equipamentos e no convés da plataforma, mas uma pequena parte chegou ao mar. O operador P1 informa ao operador P2 que ocorreu a parada emergencial de alguns poços de produção, pois o separador de teste do trem B não estava suportando integralmente a carga de produção que estava no trem A.

9 – A situação é então controlada, e a produção da plataforma continua operacional através do trem B, enquanto o trem A é deixado isolado para que seja realizada a investigação do acidente, a limpeza do separador principal e dos equipamentos circunvizinhos, a limpeza do piso e da rota de fuga e o conserto dos equipamentos que estão defeituosos.

10 – Após a situação ter sido declarada controlada, as equipes especializadas em vazamentos a bordo iniciaram os trabalhos de drenagem das bacias de contenção para o tanque de *slop*, bem como os processos de recolhimento do óleo do convés, evitando vazamentos para o mar e permitindo a livre circulação nas rotas de fuga.

5.2 Alocação dos fatores mais relevantes no gerenciamento de riscos do processo em estudo

Nesta etapa da pesquisa, a alocação de fatores humanos será realizada através do processo de entrevista por questionário de três especialistas em fatores humanos, que irão analisar a situação acidental apresentada e assinalar as opções de resposta do Questionário de Alocação de Fatores Humanos, considerando os seis fatores identificados pelos questionários anteriores. O Questionário de Alocação de Fatores Humanos está apresentado no Apêndice C e a situação acidental, que foi anexa a este questionário, está apresentada no apêndice D, tal como foi apresentada a estes três especialistas.

Para que esta alocação de fatores humanos seja adequadamente realizada, foi considerada uma escala de contribuição de cada fator para a situação acidental apresentada, como pode ser visto na Tabela 20, considerando a designação F de cada fator informada na Tabela 10 anterior.

Tabela 20 – Escala de Valores da Tabela de Alocação de Fatores Humanos
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Escala de Valores da Tabela de Alocação de Fatores Humanos	
Opção de Resposta	Valor
Contribuiu decisivamente	1
Contribuiu muito	2
Contribuiu razoavelmente	3
Pouca contribuição	4
Nenhuma contribuição	5

De posse dos três questionários respondidos, foi elaborada a Tabela 21, onde estão compiladas estas respostas e foi realizado o cálculo da média ponderada simples das três opiniões distintas.

Tabela 21 – Tabela de Consolidação da Opinião dos Especialistas de Fatores Humanos
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

	Especialistas			Média
	Esp.1	Esp. 2	Esp. 3	
F1	5	1	1	2,33
F2	5	3	2	3,33
F3	2	4	3	3,00
F4	5	4	3	4,00
F5	1	2	2	1,67
F6	4	1	1	2,00

Esta média ponderada é muito importante para a próxima fase, onde serão realizados os cálculos da faixa percentual de alocação de fatores humanos, considerando, também, os pesos relativos calculados nas etapas anteriores, como pode ser visto pelos cálculos da Tabela 22.

Tabela 22 – Tabela de Cálculos do Percentual de Alocação de Fatores Humanos
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Fatores	Pesos	Cenário: Fator contribuição (rating)	Score
			(Peso x rating)
F1	0,257	2,33	0,599
F2	0,173	3,33	0,576
F3	0,162	3,00	0,486
F4	0,168	4,00	0,672
F5	0,132	1,67	0,220
F6	0,108	2,00	0,216
		SOMA TOTAL	2,769
	Percentual alocação fatores humanos	AFH = (2,769 x100%)/5	55,38%

Este valor percentual, aplicado às metodologias do guia de incorporação dos fatores humanos no ciclo de vida de um projeto do Projeto PRISM (2004), da União Europeia, trará uma aplicação prática desta alocação de fatores humanos.

O projeto PRISM (2014), da União Europeia, tem como objetivo a melhoria da segurança nas indústrias de processo europeias, enfatizando a aplicação dos fatores humanos nos novos projetos e compartilhando a experiência obtida com as novas metodologias implementadas. Como resultado final foi implementado um guia de incorporação dos fatores humanos no ciclo de vida de um projeto. A tabela abaixo apresenta para cada faixa percentual de alocação dos fatores humanos no ciclo de vida do projeto de um processo, o nível de avaliação correspondente (PRISM, 2014). A escala percentual da metodologia deste projeto está representada na Tabela 23.

Tabela 23 – Tabela da Escala Percentual da Metodologia do Projeto PRISM
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Alocação Fatores Humanos	Nível de Alocação
91% - 100%	Excelente
76% - 90%	Bom: Acima da média
66% - 75%	Regular: Média
46% - 65%	Fraco: Abaixo da média
0% - 45%	Muito fraco

Nos estudos realizados nesta dissertação, considerando o cenário acidental escolhido, o nível de alocação dos fatores humanos foi de 55,38%, como evidenciado nos cálculos da Tabela 22. Utilizando a Tabela 23 da metodologia do projeto PRISM (2014), pode-se verificar que o nível de alocação de fatores humanos é considerado fraco, abaixo da média.

Dando continuidade a alocação de fatores humanos proposta, será considerada a metodologia de análise de riscos da norma ISO-17776. Na tabela de severidade

desta norma, que é aplicada às instalações *offshore*, são apresentados níveis de severidade de 0 a 5. Considerando os estudos realizados nesta dissertação e o cenário acidental escolhido, será utilizada como referência para alocação de fatores humanos a Tabela 24 de severidade, adaptada desta norma ISO-17776. As seguintes categorias foram incluídas nesta análise: ativos, meio-ambiente, reputação da empresa. Utilizando tabela abaixo, e considerando todas as análises deste estudo, o nível de severidade escolhido foi o 2: “Poucos danos”, “Poucos efeitos”, “Impactos limitados”.

Tabela 24 – Tabela de Descrição de Severidades adaptada da ISO-17776
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Severidade	Ativos	Meio-ambiente	Reputação empresa
0	Sem dano	Sem efeito	Sem impacto
1	Danos leves	Efeitos leves	Impactos leves
2	Poucos danos	Poucos efeitos	Impactos limitados
3	Danos locais	Efeitos locais	Impactos consideráveis
4	Grandes danos	Grandes efeitos	Grandes impactos nacionais
5	Extremos danos	Extremos danos	Grandes impactos internacionais

A próxima etapa consiste no uso de uma matriz de risco apresentada também na norma ISO-17776. Esta matriz apresenta severidade em função da probabilidade de ocorrência de um evento. As áreas em branco determinam que não é necessário usar medidas de mitigação. As áreas em cinza claro indicam necessidades de medidas de redução de risco. As áreas em cinza escuro indicam que o risco não é aceitável, necessitando de ações imediatas para redução do risco.

Fazendo adaptação da matriz de risco da ISO-17776 às considerações sobre fatores humanos propostas por esta dissertação, foi construída a Tabela 25, que é uma “nova” matriz de risco adaptada da ISO-17776 que considera a alocação de fatores humanos no gerenciamento de riscos.

Nos estudos realizados nesta dissertação e, considerando o cenário de acidente escolhido, o nível de severidade estabelecido foi 2 e o nível de alocação dos fatores humanos foi de 55,38%. Analisando estes dados frente às características da matriz

de risco adaptada, apresentada na Tabela 25, fica claro que é necessário incorporar medidas de redução de risco, como pode ser visto na célula com “X” vermelho desta tabela (“Incorporar medidas de redução de risco”).

Ou seja, pelos resultados apresentados, melhorias devem ser incorporadas de modo a reduzir os impactos causados pela não alocação adequada dos seis fatores evidenciados como mais relevantes, de acordo com a escala de importância já apresentada pela Tabela 19 (Tabela de Consolidação das Médias do PR das matrizes consistentes de 5 respondentes).

Tabela 25 – Tabela de Severidade X Alocação de Fatores Humanos
(Fonte: Elaboração do autor, 2014)

Severidade	Alocação de Fatores Humanos				
	100%-91%	90%-76%	75%-66%	65%-46%	45%-0%
0					
1					
2				Incorporar medidas de redução risco	Incorporar medidas de redução risco
3	Incorporar medidas de redução risco	Não tolerável			
4	Incorporar medidas de redução risco	Incorporar medidas de redução risco	Não tolerável	Não tolerável	Não tolerável
5	Incorporar medidas de redução risco	Incorporar medidas de redução risco	Não tolerável	Não tolerável	Não tolerável

Estas melhorias visam reduzir os impactos causados pela alocação inadequada dos fatores F1, F2, F3, F4, F5 e F6, promovendo o deslocamento das ações de gerenciamento de risco de uma situação de “Incorporar medidas de redução de risco”, zona cinza clara da Tabela 25, para uma situação de risco controlado, que corresponde às células brancas desta mesma Tabela.

Analisando todos os estudos apresentados nesta dissertação, as observações a bordo da plataforma e as opiniões dos especialistas e operadores, é possível identificar ações de melhoria para cada um destes seis fatores, considerando a situação acidental analisada pelos especialistas.

Para o fator **F1 (Comunicação entre trabalhadores)**, as ações de melhoria podem ser as seguintes:

- Identificar no processo de passagem de turno quais são as falhas de comunicação e implementar medidas para reduzi-las.
- Reduzir o número de telefonemas que os operadores da sala de controle recebem, para se aprimorar o processo de troca de informações e, com isso, diminuir as distrações desnecessárias.
- Analisar o mecanismo de troca de informações via rádio e implementar ações de melhoria para a redução de ruído e renovação tecnológica de equipamentos.
- Aprimorar o processo de gerenciamentos de mudanças, para que as informações de alterações e modificações na área operacional cheguem corretas, e o mais rápido possível, a todos os interessados.
- Dentre outras.

Para o fator **F2 (Realização de Treinamentos)**, as ações de melhoria podem ser as seguintes:

- Identificar na força de trabalho quais são as necessidades de capacitação e desenvolver um programa pedagógico que atenda a esta demanda.
- Revisar todos os materiais de treinamento e consulta a bordo, de forma a trazer sua atualização e reavaliar sua aplicação.
- Identificar quais são os treinamento mais críticos e iniciar um plano de ação imediato para atuar nesta frente, se possível, valendo-se de instrutores internos da própria empresa.
- Buscar empresas de treinamento no mercado, que possam atender às características de treinamento da empresa, buscando soluções pedagógicas adequadas e efetivas.
- Considerar a possibilidade de se realizar treinamento a bordo da plataforma, de forma a trazer dinâmica ao processo de capacitação e atuar no clima do ambiente de trabalho.
- Dentre outras.

Para o fator **F3 (Existência de procedimentos)**, as ações de melhoria podem ser as seguintes:

- Analisar, junto com os operadores que ficam na sala de controle, se os procedimentos necessários para sua rotina de trabalho estão disponíveis no local e tempo certos para a sua utilização e consulta, sobretudo em situações de emergência.
- Revisar os procedimentos de manutenção, de modo a identificar processos ou fluxos de trabalho que possam comprometer a comunicação entre a equipe de manutenção e as demais equipes da plataforma.
- Criar um grupo de trabalho multidisciplinar, envolvendo operadores, técnicos, engenheiros e gestores, de modo a analisar a relevância dos atuais procedimentos de trabalho, evidenciando melhorias e alterações necessárias para o melhor desempenho da operação.

- Dentre outras.

Para o fator **F4 (Ruído no ambiente de trabalho)**, as ações de melhoria podem ser as seguintes:

- Implementar um programa de proteção auditiva adequado para as atuais fontes de ruído, sobretudo nos equipamentos que apresentam maior desgaste.
- Implementar um programa de conscientização de respeito do horário de descanso dos trabalhadores que trabalham no turno da noite.
- Aumentar a redução de ruído existente entre as anteparas dos camarotes e a área operacional, sobretudo naqueles camarotes onde há trabalhadores do turno da noite descansando.
- Incorporar no programa de saúde ocupacional nos trabalhadores a bordo ações de melhoria do sono e do horário de descanso.
- Atuar na redução de ruído na fonte, nos equipamentos que produzem maior índice de ruído, o que, coincidentemente, também irá atuar positivamente no fator F5 (Conservação dos equipamentos).
- Dentre outras.

Para o fator **F5 (Conservação dos equipamentos)**, as ações de melhoria podem ser as seguintes:

- Verificar junto às equipes de manutenção e inspeção quais são os equipamentos críticos em relação à conservação, de modo a estudar novas estratégias de abordagem para garantir uma maior confiabilidade dos mesmos, quer seja na planta de processo, quer seja no casario.

- Identificar os materiais e recursos necessários para a conservação de equipamentos e desenvolver um programa de logística que possa disponibilizar estes itens críticos sempre que necessários.
- Atuar preventivamente na conservação dos equipamentos, reduzindo os tempos de inspeção, manutenção, lubrificação etc, de modo que os equipamentos sempre estejam em suas melhores condições para lidar com os rigores dos processos e ambientes da plataforma.
- Desenvolver um programa de sensibilização quanto à conservação dos equipamentos da plataforma, de modo que todas as equipes a bordo atuem também como recursos de inspeção visual e reporte de avarias.
- Dentre outras.

Para o fator **F6 (Conhecimentos e habilidades do operador)**, as ações de melhoria podem ser as seguintes:

- Revisar a descrição do cargo do posto de trabalho de operação, analisando também capacidades e habilidades necessárias, de modo a identificar se esta descrição está adequada à realidade das atividades exercidas pelos operadores durante sua rotina de trabalho.
- Desenvolver um programa de capacitação e treinamento dos operadores que contemple a realidade de sua rotina de trabalho, como também os prepare para as complexidades exigidas pelos sistemas sociotécnicos complexos em que eles interagem.
- Desenvolver um programa de suporte a gestão que contemple os desafios de capacitação e treinamento dos operadores que trabalham *offshore*, de modo que as soluções educacionais que sejam desenvolvidas ou contratadas tenham relevância, conteúdo e atendam as características específicas deste público, quer seja em treinamentos a bordo ou em terra.
- Dentre outras.

E junto com estas ações, é necessário comprometimento da cadeia de liderança, pois esta influencia não somente nas ações profissionais dos empregados, mas também toda a cultura corporativa presente no ambiente de trabalho. O exemplo e o comprometimento da liderança, sobretudo a bordo, por questões até históricas da área naval, influenciam sobremaneira no comportamento do empregado. Por isso, junto com os programas, ações e demais frentes de melhoria da alocação de fatores humanos a bordo, o comprometimento visível da liderança é extremamente necessário, não apenas para que estas iniciativas sejam realizadas e implementadas, mas também para que perdurem ao longo do tempo.

6 CONCLUSÕES

O ser humano é o “sistema complexo” mais complexo e subjetivo que existe. Além disso, ele tem a capacidade plena de conceber, construir e operar outros sistemas quase tão complexos quanto ele próprio. Compreender e estudar a interação entre este “sistema complexo ser humano” e os demais sistemas sociotécnicos complexos das plantas industriais *offshore* é um desafio à parte para as ciências humanas e tecnológicas.

Nos estudos realizados nesta dissertação, pode-se perceber a grande influência dos fatores humanos no desempenho dos operadores e, conseqüentemente, na gestão de riscos da plataforma. Fatores como comunicação entre trabalhadores, que foi considerado o mais importante pelos especialistas, e existência de procedimentos, são críticos em momentos de passagem de turno, situações de emergência e na rotina operacional da área de produção. Nas observações a bordo, ficou claramente evidenciado que o fator comunicação entre trabalhadores influencia o desempenho dos operadores na passagem de turno, sobretudo quando há falhas na transmissão da mensagem, gerando omissão ou erro de informações críticas da unidade operacional.

Durante as observações na área operacional, o fator ruído no ambiente de trabalho se mostrou extremamente crítico. Diversas áreas operacionais apresentaram alta incidência de ruído, apesar de nenhuma medição ter sido realizada. Por se tratar de uma plataforma FPSO, os equipamentos e processos são otimizados ao máximo, o que reduz sobremaneira os espaços na área operacional, fazendo com que muitos equipamentos ruidosos sejam instalados muito próximos, até mesmo dentro de espaços confinados. Além disso, para os trabalhadores que trabalham no turno da noite e dormem durante o dia, os ruídos de um dia normal de trabalho em uma plataforma, por muitas vezes, não permitem que eles possam descansar. Adicionalmente, alguns operadores declararam que alguns colegas de trabalho os procuram, durante o período de repouso, para buscar informações relacionadas ao

trabalho, evidenciando, também os fatores comunicação entre trabalhadores e existência de procedimentos como críticos.

Ainda na área operacional, o fator conservação dos equipamentos também se apresentou relevante. Uma plataforma FPSO, por si só, já apresenta um ambiente industrial corrosivo, com alta vibração, temperatura extremas e desgaste mecânico excessivo. Junte a isso tudo a salinidade do ambiente marinho, o fator conservação de equipamentos se desdobra como crítico. Em adição, os serviços de manutenção e inspeção de equipamentos, até mesmo por uma questão de distância de recursos da costa, não conseguem atender adequadamente à demanda de manutenções, reparos e inspeções, o que compromete ainda mais as condições de funcionamento e conservação dos equipamentos.

De posse destas observações da rotina operacional a bordo, das conclusões acerca da alocação de fatores que afetam o desempenho humano propostas neste estudo e, também, analisando as considerações propostas por Swain e Guttman (1983), Santos (2005), Kariuki (2007), Ponte Jr (2014), fica patente que não há uma solução exata para os problemas evidenciados. No entanto, ao mesmo tempo, claro está que soluções podem ser desenvolvidas, através da compreensão multidisciplinar dos fatores humanos, da cultura organizacional e todos aqueles elementos que estão presentes nos ambientes de alta tecnologia e complexidade das plantas industriais *offshore*. Acidentes como os das plataformas *Piper Alpha* (1988), *P-36* (2001) e *Deepwater Horizon* (2010) são eventos trágicos que trouxeram perdas tanto significativas, quanto inestimáveis. Evitar que tais eventos aconteçam novamente é uma prioridade absoluta. Por isso, todos os programas e iniciativas de gestão de riscos de uma plataforma *offshore*, de forma integrada, devem contemplar a compreensão dos fatores humanos em todas as suas estratégias, contribuindo, assim, para a segurança da instalação e de todos trabalhadores.

REFERENCIAS

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional das Instalações Marítimas de Perfuração e Produção de Petróleo e Gás Natural**. SGSO, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=1046>>.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). **Resolução ANP Nº 43**, 2007. DOU 7.12.2007. Retificada DOU 10.12.2007 e DOU 12.12.2007. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:
<<http://www.anp.gov.br/?pg=70875&m=sgso&t1=&t2=sgso&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1403037766204>>.

American Petroleum Institute (API). **API RP 754**: process safety performance indicators for the refining and petrochemical industries. API, Houston, 2010. Disponível em: <<http://www.api.org/environment-health-and-safety/process-safety/process-safety-standards/measuring-process-safety-rp-754>>

ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C.; GOMES, L. F. A. M. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2004.

BEA, R. **Final Report on the Investigation of the Macondo Well Blowout**. Deepwater Horizon Study Group, Center for Catastrophic Risk Management & University of California Berkeley, California, 2011. Disponível em:
<http://ccrm.berkeley.edu/deepwaterhorizonstudygroup/dhsg_reportsandtestimony.shtml>

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego – MTE. Portaria nº 183, de 11 de maio de 2010. Aprova o Anexo II (Plataformas e Instalações de Apoio) da Norma Regulamentadora n.º 30. **Diário Oficial da União. Poder Executivo**, Brasília, DF, 14 maio 2010. Seção 1. P. 199. Disponível em:
<http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DC10511012DC3DF9E9C4D5A/NR-30%20%28Anexo%20-%20Plataformas%29_2011.pdf>

BRIDGER, R. S. **Introduction to Ergonomics**. 3rd edition, Boca Raton US, CRC Press Taylor & Francis Group, 2009.

CACCIABUE, P. C. **Human factors impact on risk analysis of complex systems**. Journal of Hazardous Materials, Journal of Hazardous Materials. Elsevier. v. 71, p. 101-116, 2000. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389499000746>>

CARVALHO, K. M.; PESSOA, L. C. **Classificação de Projetos**: um estudo da aplicação do método AHP. Revista de Gestão e Projetos - GeP, São Paulo, v. 3, n.

1, p. 280-298, 2012. Disponível em:

<<http://www.revistagep.org/ojs/index.php/gep/article/view/89> Internet>

CARVALHO, P. V. R., VIDAL, M. C. **Ergonomia Cognitiva**, raciocínio e decisão no trabalho. Editora Virtual Científica FAPERJ, Rio de Janeiro, 2008.

Center for Chemical Process Safety (CCPS). **Guidelines for preventing human error in process safety**. New York, AICHE, 1994.

Center for Chemical Process Safety (CCPS). **Guidelines for Hazard Evaluation Procedures**. 3rd edition, New York, AICHE, 2008.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. D. **Metodologia Científica**. 6^a edição. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2007.

CULLEN, Lord W. D. **The public inquiry into the Piper Alpha disaster**. H.M. Stationery Office, London, 1990.

DELMOTTE, F. **A sociotechnical framework for the integration of human and organizational factors in project management and risk analysis**. 2003.

(Mestrado) – Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, 2003.

Disponível em: <<http://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/35569>>

DUFFEY, R. B.; SAULL, J. W. **Know the Risk: learning from errors and accidents: safety and risk in today's technology**. Burlington, US, Butterworth Heinemann, 2003.

EMBREY, D. **Performance Influencing Factors**. Human Reliability Associates Ltd, NW England, 2001. Disponível em:

<<http://www.humanreliability.com/articles/Introduction%20to%20Performance%20Influencing%20Factors.pdf>>

FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo, Editora Blucher, 2007.

FIGUEIREDO, M. **A face oculta do ouro negro**. Niterói, Editora da UFF, 2012.

GORDON, R. P. E. **The contribution of human factors to accidents in the offshore oil industry**. Reliability Engineering & System Safety. Offshore Safety. Elsevier v. 61, p. 95-108, 1998. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832098800033>>

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832098800033>>

HEINRICH, H.W.; PETERSEN, D.; ROOS, N. **Industrial accident prevention: a safety management approach**. 5th edition, New York, McGraw-Hill, 1980.

HOLLNAGEL, E. **Human Reliability Analysis: context and control**. Academic Press, London, 1993.

HOLLNAGEL, E. **Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)**. Kidlington, UK, Elsevier Science, 1998.

HOLLNAGEL, E. **Barriers and Accident Prevention**. Hampshire, UK, Ashgate Publishing Company, 2004.

HOLLNAGEL, E. Task analysis: Why, what, and how. In Salvendy, G. (Ed.), **Handbook of human factors and ergonomics**, 3rd edition, CRC Press, London, 2006.

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>

KARIUKI, S. G.; LOWE K. **Integrating human factors into process hazard analysis**. Reliability Engineering & System Safety. Elsevier. v. 92, p. 1764-1773, 2006.

KARIUKI, S. G. **Integrating Human Factors into Chemical Process Quantitative Risk Analysis**. 2007. (Doutorado) –Technischen Universität Berlin, Berlin, 2007. Disponível em:<<http://opus4.kobv.de/opus4-tuberlin/frontdoor/index/index/docId/1469>>

KLETZ, T. **What Went Wrong?** case histories of process plant disasters and how they could have been avoided. Butterworth-Heinemann/ICHEME, Oxford, 2009.

KRAUSE, T. R. **The Behavior-Based Safety Process:** managing involvement for an injury-free culture. 2nd edition, New York, John Miley & Sons Inc, 1997.

LEVINE, S. **The Oil and the Glory:** the pursuit of empire and fortune on the Caspian sea. New York, Random House, 2008.

LLORY, M. **Acidentes Industriais:** o custo do silêncio. Rio de Janeiro, Editora Multimais, 1999.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7^a edição. São Paulo, Editora Atlas, 2010.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 7^a edição. São Paulo, Editora Atlas, 2011.

MARTORELL, S.; SOARES, C. G.; BARNETT, J. **Safety, Reliability and Risk Analysis:** theory, methods and applications. Volume 1. London, CRC Press, Taylor and Francis Group, 2009.

MATSEN, B. **Death and Oil**, A true story of the Piper Alpha disaster on the North Sea. Pantheon Books, New York, 2011.

MORAIS, J. M. **Petróleo em Águas Profundas**, Uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore. IPEA, Brasília, 2013.

MOREIRA, M. J. B. M. **Contribuições aos modelos de maturidade em gestão por processos e de excelência na gestão utilizando o PEMM e o MEG**. 2010. (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFF, Niterói, 2010. <[https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/bucketmanoeilveras/manoel_veras_ACADEMICO/Curso_GESTAOODEPROCESSOS/Curso_GESTAOODEPROCESSOS_GRAD_EAD/Teses/MOREIRA_Contribuicoes_aos_modelos_de_maturidade_em_GP_\(PEMM,_MEG\).pdf](https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/bucketmanoeilveras/manoel_veras_ACADEMICO/Curso_GESTAOODEPROCESSOS/Curso_GESTAOODEPROCESSOS_GRAD_EAD/Teses/MOREIRA_Contribuicoes_aos_modelos_de_maturidade_em_GP_(PEMM,_MEG).pdf) >

MOTTEL, W. J.; LONG, J. F.; MORRISON, D. E. **Industrial Safety is Good Business: the Dupont story**. New York, US, John Miley & Sons Inc, 1995.

NASCIMENTO, C.S. **Aplicação da metodologia FUZZY na quantificação da probabilidade de erro humano em instalações nucleares**. 2010. (Mestrado) – Programa de Tecnologia Nuclear - IPEN/USP, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85133/tde-01082011-160002/publico/2010NascimentoAplicacao.pdf> >

NEVES, R. B.; PEREIRA, V.; COSTA, H. G. **Auxílio multicritério à decisão aplicada ao planejamento e gestão na indústria de petróleo e gás**. Prod. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132013005000060&lng=en&nrm=iso>

NUREG -0711, Revision 3. **Human Factors Engineering Program Review Model**. United States Nuclear Regulatory Commission, USA, 2002. Disponível em: <<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0711/>>

PERROW, C. **Normal Accidents: living with high-risk technologies**. Princeton, US, Princeton University Press, 1999.

PETERSEN, D. **Human Error Reduction and Safety Management**. 3rd edition. Hoboken, US, John Miley & Sons Inc, 1996.

PETROBRAS. **Engenharia Submarina**. Apostila de Engenharia Submarina do Curso de Formação de Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Petrobras, Rio de Janeiro, 2011.

PETROBRAS. Apostila de Confiabilidade Humana. Universidade Petrobras, Rio de Janeiro, 2012.

PONTE Jr, G. P. **Gerenciamento de riscos, cultura de segurança e fatores humanos para simulação computacional de escape e abandono em instalações offshore**. 2012. (Doutorado), Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.oceanica.ufrj.br/intranet/teses/2012_Doutorando_Gerardo_Portela_da_Ponte_Junior.pdf>

PONTE Jr, G. P. **Gerenciamento de Riscos baseado em Fatores Humanos e Cultura de Segurança**, Elsevier, Rio de Janeiro, 2014.

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

REASON, J. **Human error**. Cambridge University Press, New York, 1990.

REASON, J. **Managing the Risks of Organizational Accidents**. Burlington, Ashgate, 1997.

RODRIGUES, V. F. **Principais impactos do trabalho em turnos**: estudo de caso de uma sonda de perfuração marítima. Revista da Universidade de Alfenas. v. 4, p. 199-207, 1998. Disponível em: <http://www.unifenas.br/pesquisa/download/ArtigosRev2_98/pag199-207.pdf>

RODRÍGUEZ, D. S. S.; COSTA, H. G.; DO CARMO, L. F. R. R. S. **Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP**: Mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil. Gest. Prod. v. 20 n.1. São Carlos, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2013000100010>

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York, McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L. **What is relative measurement? the ratio Scale Phantom**. Mathematical and Computer Modelling. Elsevier. v. 17, p. 1–12, 1993. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0895717793901704>>

SAGAN, S. D. **The Limits of Safety**: organizations, accidents and nuclear weapons. Princeton, US, Princeton University Press, 1993.

SANTOS, I. J. A. L. **A Ergonomia no Licenciamento e na Avaliação de Salas de Controle de Reatores Nucleares**. 2003. (Doutorado) – Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SANTOS, I. A. J. L.; TEIXEIRA, D. V.; FERRAZ, F. T.; CARVALHO, P. V. R. **The use of a simulator to include human factors issues in the interface design of a nuclear power plant control room**. Journal of Loss Prevention in the Process

Industries. Elsevier. v. 21, p. 227-238, 2007. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423007000447>>

SANTOS, I. A. J. L.; GRECCO, C. H. S.; MOL, A. C. A.; CARVALHO, P. V. R. **The use of questionnaire and virtual reality in the verification of the human factors issues in the design of nuclear control desk.** International Journal of Industrial Ergonomics. Elsevier. v. 39, p. 159-166, 2009. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814108001376>>

SANTOS, I. A. J. L.; FARIAS, M. S.; MONTEIRO, B. G.; FALCAO, M. A.; MARCELINO, F. D. **Using participatory ergonomics to improve nuclear equipment design.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Elsevier. v. 24, p. 594-600, 2011. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423011000490>>

SCHWABE, L.; WOLF, O. T. **Stress and multiple memory systems:** from 'thinking' to 'doing'. Trends in Cognitive Sciences. Elsevier. v. 17, p. 60-68, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661312002811>>

SWAIN, A.D. & GUTTMANN, H.E. **Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications.** Final Report, Nuclear Regulatory Commission. International Atomic Energy Agency, 1983. Disponível em:
<http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:15006016>

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo.** Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2004.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração.** São Paulo, Editora Atlas, 2005.

VICENT, K. & BURNS, C. **Cognitive functioning of control room operators.** University of Toronto, Toronto, 1996. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423007000447> >

WOODS, D. D.; HOLLNAGEL, E. **Joint Cognitive Systems:** patterns in cognitive systems engineering. Boca Raton, US, Taylor and Francis Group, 2006.

YERGIN, D. **O Petróleo.** São Paulo, Editora Paz e Terra, 2010.

YIN, R. K. **Um estudo de caso:** planejamento e métodos. 3ª edição. Porto Alegre, Bookman, 2005.

APENDICE A – QUESTIONÁRIO 1: Identificação de Fatores Humanos na área de produção de plataforma *offshore*

Data:

Código:

QUESTIONÁRIO 1

Identificação de Fatores Humanos

Este questionário faz parte da primeira etapa de uma pesquisa de duas etapas, a saber:

- 1 – Identificação dos Fatores Humanos que influenciam na atividade de trabalho;
2 – Análise da relevância (peso) que cada Fator Humano exerce sobre a atividade de trabalho.

Os Fatores Humanos são todos aqueles fatores, presentes no ambiente de trabalho, que podem de alguma forma influenciar no desempenho dos trabalhadores, quando estes estão interagindo com sistemas, equipamentos, outros trabalhadores, procedimentos etc, durante a execução de suas tarefas laborais.

O objetivo desta pesquisa é identificar os fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores envolvidos no processo de operação de sistemas complexos offshore, utilizando um método de análise da alocação de Fatores Humanos no gerenciamento de riscos destes sistemas.

Esta primeira etapa se consiste na identificação, pelos trabalhadores, dos Fatores Humanos que estão presentes no processo de operação de sistemas complexos offshore.

Form fields for: Função, Tempo de experiência na Função, Formação técnica, Local de trabalho.

Dos Fatores abaixo relacionados, por favor, marque com um "X" o campo respectivo de cada fator que você julgue presente e relevante para o desempenho das suas tarefas no dia-a-dia de trabalho:

Table with 2 columns of factors for selection, including items like 'Influência da cultura organizacional', 'Manuseio de válvulas, chaves etc', etc.

Escreva aqui sua opinião/qualquer outra informação, que você considere relevante, ou algum fator que você julgue presente nas suas tarefas no dia-a-dia de trabalho, mas não foi anteriormente citado.

Large empty rectangular box for providing additional information or opinions.

**APENDICE B – QUESTIONÁRIO 2: Análise da relevância de Fatores Humanos
previamente identificados**

Data:

QUESTIONÁRIO 2

Código:

Análise da relevância de Fatores Humanos previamente identificados

Este questionário faz parte da segunda e última etapa de uma pesquisa de duas etapas, a saber:

1 – Identificação dos Fatores Humanos que influenciam na atividade de trabalho; (já realizado a bordo)

2 – Análise da relevância (peso) que cada Fator Humano exerce sobre a atividade de trabalho.

Dos 26 Fatores previamente apresentados no Questionário 1, foram selecionados 6 destes Fatores como os mais relevantes para o desempenho das tarefas do dia-a-dia de trabalho, e são apresentados a seguir:

- Comunicação entre trabalhadores	- Ruído no ambiente de trabalho
- Realização de treinamentos	- Conservação dos equipamentos
- Existência de procedimentos	- Conhecimentos e habilidades do operador

Nesta segunda etapa, será feito o estudo da relevância destes 6 Fatores entre si. Ou seja, é necessário analisar a importância de cada um destes Fatores, comparando um Fator específico a outro selecionado, classificando esta importância de acordo com uma Escala Fundamental (adaptada de Saaty, 1980).

Por gentileza, na escala de importância abaixo apresentada em cada pergunta, assinale/identifique o campo respectivo que você julgue ser a resposta mais adequada para a pergunta:

FATOR: “Comunicação entre trabalhadores”

1 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Comunicação entre trabalhadores” em relação ao fator “Realização de treinamentos”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

2 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Comunicação entre trabalhadores” em relação ao fator “Existência de procedimentos”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

3 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Comunicação entre trabalhadores” em relação ao fator “Ruído no ambiente de trabalho”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

4 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Comunicação entre trabalhadores” em relação ao fator “Conservação dos equipamentos”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

5 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Comunicação entre trabalhadores” em relação ao fator “Conhecimentos e habilidades do operador”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

FATOR: “Realização de treinamentos”

6 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Realização de treinamentos” em relação ao fator “Existência de procedimentos”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

7 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Realização de treinamentos” em relação ao fator “Ruído no ambiente de trabalho”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

8 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Realização de treinamentos” em relação ao fator “Conservação dos equipamentos”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

9 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Realização de treinamentos” em relação ao fator “Conhecimentos e habilidades do operador”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

FATOR: “Existência de procedimentos”

10 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Existência de procedimentos” em relação ao fator “Ruído no ambiente de trabalho”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

11 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Existência de procedimentos” em relação ao fator “Conservação dos equipamentos”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

12 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Existência de procedimentos” em relação ao fator “Conhecimentos e habilidades do operador”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

FATOR: “Ruído no ambiente de trabalho”

13 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “Ruído no ambiente de trabalho” em relação ao fator “Conservação dos equipamentos”?

Menos importante que	Tão importante quanto	Mais importante que	Ainda mais importante que	Extremamente mais importante que	Nenhuma das respostas anteriores
----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------------	----------------------------------	----------------------------------

APENDICE C – QUESTIONÁRIO DE ALOCAÇÃO DE FATORES HUMANOS

Data:

Código:

QUESTIONÁRIO DE ALOCAÇÃO DE FATORES HUMANOS

Alocação de Fatores Humanos em Cenários de Acidentes de Sistema Complexo *Offshore*

Este questionário é a consolidação de uma pesquisa de duas etapas, realizada a bordo de uma unidade de produção *offshore*, onde na primeira etapa foram identificados os fatores humanos que influenciam na atividade de operação da planta de produção, e na segunda etapa foi feita uma análise da relevância (peso) dos 06 fatores mais relevantes identificados na primeira etapa.

Os 06 fatores os mais relevantes identificados pela pesquisa a bordo são os seguintes:

- Comunicação entre trabalhadores	- Ruído no ambiente de trabalho
- Realização de treinamentos	- Conservação dos equipamentos
- Existência de procedimentos	- Conhecimentos e habilidades do operador

Considerando o cenário acidental apresentado em anexo com este Questionário, por gentileza analise cada um destes fatores apresentados e faça a alocação dos mesmos de acordo com a seguinte escala:

1 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “**Comunicação entre trabalhadores**” no contexto deste cenário acidental?

Contribuiu decisivamente	Contribuiu muito	Contribuiu razoavelmente	Pouca contribuição	Nenhuma contribuição
--------------------------	------------------	--------------------------	--------------------	----------------------

2 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “**Ruído no ambiente de trabalho**” no contexto deste cenário acidental?

Contribuiu decisivamente	Contribuiu muito	Contribuiu razoavelmente	Pouca contribuição	Nenhuma contribuição
--------------------------	------------------	--------------------------	--------------------	----------------------

3 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “**Realização de treinamentos**” no contexto deste cenário acidental?

Contribuiu decisivamente	Contribuiu muito	Contribuiu razoavelmente	Pouca contribuição	Nenhuma contribuição
--------------------------	------------------	--------------------------	--------------------	----------------------

4 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “**Conservação dos equipamentos**” no contexto deste cenário acidental?

Contribuiu decisivamente	Contribuiu muito	Contribuiu razoavelmente	Pouca contribuição	Nenhuma contribuição
--------------------------	------------------	--------------------------	--------------------	----------------------

5 - De acordo com a sua opinião, qual a importância do fator “**Existência de procedimentos**” no contexto deste cenário acidental?

Contribuiu decisivamente	Contribuiu muito	Contribuiu razoavelmente	Pouca contribuição	Nenhuma contribuição
--------------------------	------------------	--------------------------	--------------------	----------------------

APENDICE D – Cenário Acidental Anexo ao Questionário de Alocação de Fatores Humanos

CENÁRIO ACIDENTAL

Vazamento de óleo na área de produção de uma plataforma FPSO

1 – Dentro da sala de controle principal, o operador da área de produção, que estava no painel, designado P1, recebe na tela um alarme de emergência com ESD, com a confirmação de gás na área externa da planta industrial de produção.

2 – O operador P1 entra em contato, através de rádio intercomunicador, com o operador de produção da área industrial, designado P2, que se encontrava no contêiner da área de produção, local onde há dois operadores, sendo o P2 responsável pela área de produção, liberação de PT na área, amostragens etc.

3 – O operador P2 se dirige para o local indicado pelo operador P1 e confirma, via rádio, a presença de óleo cru no piso e nas rotas de fuga da área de produção.

4 – Analisando o cenário na área, o operador P2, após alguns minutos, identifica o vazamento de óleo pelo orifício de conexão do instrumento de medição de nível do vaso separador principal (vaso separador trifásico) do trem A. Este instrumento encontra-se fisicamente instalado em uma tubulação de 12 polegadas que interliga este vaso aos outros estágios de tratamento de óleo do processo, mas veio a se romper quase que por completamente, gerando um grande vazamento de óleo no ponto de ruptura. A pressão de operação normal do vaso separador principal é de 8 a 10 kgf/cm².

5 – O operador P2 informou por rádio que encontrou a causa do vazamento e, de modo a cessar a perda de óleo, solicitou ao operador P1 que desviasse a produção da plataforma para o trem B, ou seja, o separador de teste, de modo que então possa, na área, operar algumas válvulas manuais para cessar com o vazamento.

6 – O operador P1 solicitou que o operador P2 aguardasse na área a autorização, para operar as válvulas, pois até onde ele sabia, o separador de teste, no trem B estava parado para manutenção.

7 – Com receio de uma explosão ou incêndio, o operador P2 se afasta do cenário acidental, mas não muito, para aguardar a autorização via rádio. Após cerca de 5 minutos, o operador P1 volta a se comunicar com o operador P2, informando que o trem A foi parado por ele, e que as ações para conter o vazamento já poderiam ser tomadas. O operador P1 volta ao cenário acidental, manobra quatro válvulas manuais e, com isso, cessa o vazamento. Neste momento, a área de processo, o separador principal, os equipamentos próximos a este separador e o próprio operador P2, estão extremamente sujos de óleo. De forma a exemplificar este cenário, a seguir apresenta um ambiente *offshore* de vazamento de óleo muito similar a este cenário apresentado.



Figura ilustrativa: Exemplo de cenário de vazamento de óleo em uma planta industrial *offshore*

(Fonte: Acervo pessoal do autor, 2014)

8 – O operador P2 entra em contato por rádio com o operador P1 e informa que o vazamento foi contido, mas que a planta industrial está coberta de óleo. Parte do óleo vazado ficou represada nas bacias de contenção dos equipamentos e no convés da plataforma, mas uma pequena parte chegou ao mar. O operador P1 informa ao operador P2 que ocorreu a parada emergencial de alguns poços de produção, pois o separador de teste do trem B não estava suportando integralmente a carga de produção que estava no trem A.

9 – A situação é então controlada, e a produção da plataforma continua operacional através do trem B, enquanto o trem A é deixado isolado para que seja realizada a investigação do acidente, a limpeza do separador principal e dos equipamentos circunvizinhos, a limpeza do piso e da rota de fuga e o conserto dos equipamentos que estão defeituosos.

10 – Após a situação ter sido declarada controlada, as equipes especializadas em vazamentos a bordo iniciaram os trabalhos de drenagem das bacias de contenção para o tanque de *slop*, bem como os processos de recolhimento do óleo do convés, evitando vazamentos para o mar e permitindo a livre circulação nas rotas de fuga.

APENDICE E – Matrizes do Respondente A4

Respondente A4						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	5	1	1	3	3
F2	0,20	1	1	3	3	3
F3	1,00	1,00	1	3	3	3
F4	1,00	0,33	0,33	1	1	1
F5	0,33	0,33	0,33	1,00	1	1
F6	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1
TOT	3,87	8,00	4,00	10,00	12,00	12,00

Respondente A4 - Peso							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR
F1	0,26	0,63	0,25	0,10	0,25	0,25	0,29
F2	0,05	0,13	0,25	0,30	0,25	0,25	0,20
F3	0,26	0,13	0,25	0,30	0,25	0,25	0,24
F4	0,26	0,04	0,08	0,10	0,08	0,08	0,11
F5	0,09	0,04	0,08	0,10	0,08	0,08	0,08
F6	0,09	0,04	0,08	0,10	0,08	0,08	0,08
TOT	1	1	1	1	1	1	

Respondente A4							X		
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR	=	/peso
F1	1	5	1	1	3	3	0,29	2,14	7,39
F2	0,20	1	1	3	3	3	0,20	1,30	6,38
F3	1,00	1,00	1	3	3	3	0,24	1,54	6,43
F4	1,00	0,33	0,33	1	1	1	0,11	0,70	6,50
F5	0,33	0,33	0,33	1,00	1	1	0,08	0,51	6,43
F6	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1	0,08	0,51	6,43

Soma 39,55
 Soma/6 6,59
 Ic = 0,1183
 Rc = 0,0954
Rc% 10%

APENDICE F – Matrizes do Respondente A5

Respondente A5						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	3	3	1	5	1
F2	0,33	1	1	5	1	1
F3	0,33	1,00	1	1	1	3
F4	1,00	0,20	1,00	1	1	1
F5	0,20	1,00	1,00	1,00	1	3
F6	1,00	1,00	0,33	1,00	0,33	1
TOT	3,87	7,20	7,33	10,00	9,33	10,00

Respondente A5 - Peso							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR
F1	0,26	0,42	0,41	0,10	0,54	0,10	0,30
F2	0,09	0,14	0,14	0,50	0,11	0,10	0,18
F3	0,09	0,14	0,14	0,10	0,11	0,30	0,14
F4	0,26	0,03	0,14	0,10	0,11	0,10	0,12
F5	0,05	0,14	0,14	0,10	0,11	0,30	0,14
F6	0,26	0,14	0,05	0,10	0,04	0,10	0,11
TOT	1	1	1	1	1	1	

Respondente A5							X	=	/peso	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR			
F1	1	3	3	1	5	1	0,30	2,20	7,26	
F2	0,33	1	1	5	1	1	0,18	1,28	7,21	Soma 42,84
F3	0,33	1,00	1	1	1	3	0,14	1,02	7,07	Soma/6 7,14
F4	1,00	0,20	1,00	1	1	1	0,12	0,86	7,05	Ic = 0,2278
F5	0,20	1,00	1,00	1,00	1	3	0,14	0,98	7,07	Rc = 0,1837
F6	1,00	1,00	0,33	1,00	0,33	1	0,11	0,81	7,17	Rc% 18%

APENDICE G – Matrizes do Respondente A6

Respondente A6						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	5	1	5	1	1
F2	0,20	1	1	1	1	1
F3	1,00	1,00	1	5	1	1
F4	0,20	1,00	0,20	1	1	3
F5	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1
F6	1,00	1,00	1,00	0,33	1,00	1
TOT	4,40	10,00	5,20	13,33	6,00	8,00

Respondente A6 - Peso							PR
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
F1	0,23	0,50	0,19	0,38	0,17	0,13	0,26
F2	0,05	0,10	0,19	0,08	0,17	0,13	0,12
F3	0,23	0,10	0,19	0,38	0,17	0,13	0,20
F4	0,05	0,10	0,04	0,08	0,17	0,38	0,13
F5	0,23	0,10	0,19	0,08	0,17	0,13	0,15
F6	0,23	0,10	0,19	0,03	0,17	0,13	0,14
TOT	1	1	1	1	1	1	

Respondente A6							X	=	/peso	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR			
F1	1	5	1	5	1	1	0,26	2,00	7,58	Soma 42,17 Soma/6 7,03 Ic = 0,2057 Rc = 0,1659 Rc% 17%
F2	0,20	1	1	1	1	1	0,12	0,79	6,72	
F3	1,00	1,00	1	5	1	1	0,20	1,53	7,76	
F4	0,20	1,00	0,20	1	1	3	0,13	0,91	6,81	
F5	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1	0,15	1,00	6,77	
F6	1,00	1,00	1,00	0,33	1,00	1	0,14	0,91	6,54	

APENDICE H – Matrizes do Respondente A9

Respondente A9						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	1	1	1	1	3
F2	1,00	1	1	5	1	1
F3	1,00	1,00	1	5	3	1
F4	1,00	0,20	0,20	1	3	3
F5	1,00	1,00	0,33	0,33	1	1
F6	0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	1
TOT	5,33	5,20	4,53	12,67	10,00	10,00

Respondente A9 - Peso							PR
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
F1	0,19	0,19	0,22	0,08	0,10	0,30	0,18
F2	0,19	0,19	0,22	0,39	0,10	0,10	0,20
F3	0,19	0,19	0,22	0,39	0,30	0,10	0,23
F4	0,19	0,04	0,04	0,08	0,30	0,30	0,16
F5	0,19	0,19	0,07	0,03	0,10	0,10	0,11
F6	0,06	0,19	0,22	0,03	0,10	0,10	0,12
TOT	1	1	1	1	1	1	

Respondente A9							X	=	/peso	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR			
F1	1	1	1	1	1	3	0,18	1,23	6,86	Soma 43,25 Soma/6 7,21 Ic = 0,2418 Rc = 0,1950 Rc% 19%
F2	1,00	1	1	5	1	1	0,20	1,63	8,20	
F3	1,00	1,00	1	5	3	1	0,23	1,86	8,00	
F4	1,00	0,20	0,20	1	3	3	0,16	1,12	7,05	
F5	1,00	1,00	0,33	0,33	1	1	0,11	0,74	6,53	
F6	0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	1	0,12	0,77	6,62	

APENDICE I – Matrizes do Respondente A11

Respondente A11						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	1	3	5	1	3
F2	1,00	1	1	1	3	1
F3	0,33	1,00	1	1	1	1
F4	0,20	1,00	1,00	1	3	1
F5	1,00	0,33	1,00	0,33	1	1
F6	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1
TOT	3,87	5,33	8,00	9,33	10,00	8,00

Respondente A11 - Peso							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR
F1	0,26	0,19	0,38	0,54	0,10	0,38	0,31
F2	0,26	0,19	0,13	0,11	0,30	0,13	0,18
F3	0,09	0,19	0,13	0,11	0,10	0,13	0,12
F4	0,05	0,19	0,13	0,11	0,30	0,13	0,15
F5	0,26	0,06	0,13	0,04	0,10	0,13	0,12
F6	0,09	0,19	0,13	0,11	0,10	0,13	0,12
TOT	1	1	1	1	1	1	

Respondente A11							X	=	/peso	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR			
F1	1	1	3	5	1	3	0,31	2,08	6,83	Soma 39,86 Soma/6 6,64 Ic = 0,1288 Rc = 0,1039 Rc% 10%
F2	1,00	1	1	1	3	1	0,18	1,24	6,72	
F3	0,33	1,00	1	1	1	1	0,12	0,80	6,54	
F4	0,20	1,00	1,00	1	3	1	0,15	0,99	6,64	
F5	1,00	0,33	1,00	0,33	1	1	0,12	0,78	6,60	
F6	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1	0,12	0,80	6,54	

APENDICE J – Matrizes do Respondente A13

Respondente A13						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	1	3	1	1	1
F2	1,00	1	1	3	1	1
F3	0,33	1,00	1	1	1	1
F4	1,00	0,33	1,00	1	1	3
F5	1,00	1,00	1,00	1,00	1	3
F6	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1
TOT	5,33	5,33	8,00	7,33	5,33	10,00

Respondente A13 - Peso							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR
F1	0,19	0,19	0,38	0,14	0,19	0,10	0,20
F2	0,19	0,19	0,13	0,41	0,19	0,10	0,20
F3	0,06	0,19	0,13	0,14	0,19	0,10	0,13
F4	0,19	0,06	0,13	0,14	0,19	0,30	0,17
F5	0,19	0,19	0,13	0,14	0,19	0,30	0,19
F6	0,19	0,19	0,13	0,05	0,06	0,10	0,12
TOT	1	1	1	1	1	1	

Respondente A13							X	=	/peso	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR			
F1	1	1	3	1	1	1	0,20	1,27	6,47	Soma 39,39 Soma/6 6,56 Ic = 0,1129 Rc = 0,0911 Rc% 9%
F2	1,00	1	1	3	1	1	0,20	1,33	6,68	
F3	0,33	1,00	1	1	1	1	0,13	0,87	6,53	
F4	1,00	0,33	1,00	1	1	3	0,17	1,10	6,63	
F5	1,00	1,00	1,00	1,00	1	3	0,19	1,24	6,60	
F6	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	1	0,12	0,76	6,48	

APENDICE K – Matrizes do Respondente A14

Respondente A14						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	5	3	1	5	3
F2	0,20	1	3	1	1	3
F3	0,33	0,33	1	1	1	5
F4	1,00	1,00	1,00	1	3	3
F5	0,20	1,00	1,00	0,33	1	3
F6	0,33	0,33	0,20	0,33	0,33	1
TOT	3,07	8,67	9,20	4,67	11,33	18,00

Respondente A14 - Peso							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR
F1	0,326	0,577	0,326	0,214	0,441	0,167	0,34
F2	0,065	0,115	0,326	0,214	0,088	0,167	0,16
F3	0,109	0,038	0,109	0,214	0,088	0,278	0,14
F4	0,326	0,115	0,109	0,214	0,265	0,167	0,20
F5	0,065	0,115	0,109	0,071	0,088	0,167	0,10
F6	0,109	0,038	0,022	0,071	0,029	0,056	0,05
TOT	1	1	1	1	1	1	

Respondente A14							X	=	/peso	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR			
F1	1	5	3	1	5	3	0,34	2,45	7,16	Soma 40,23 Soma/6 6,71 Ic = 0,1411 Rc = 0,1138 Rc% 11%
F2	0,20	1	3	1	1	3	0,16	1,11	6,85	
F3	0,33	0,33	1	1	1	5	0,14	0,88	6,32	
F4	1,00	1,00	1,00	1	3	3	0,20	1,31	6,59	
F5	0,20	1,00	1,00	0,33	1	3	0,10	0,70	6,84	
F6	0,33	0,33	0,20	0,33	0,33	1	0,05	0,35	6,47	

APENDICE L – Matrizes do Respondente A18

Respondente A18						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	1	1	3	1	3
F2	1,00	1	1	1	1	1
F3	1,00	1,00	1	1	1	1
F4	0,33	1,00	1,00	1	9	1
F5	1,00	1,00	1,00	0,11	1	1
F6	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1
TOT	4,67	6,00	6,00	7,11	14,00	8,00

Respondente A18 - Peso							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR
F1	0,21	0,17	0,17	0,42	0,07	0,38	0,24
F2	0,21	0,17	0,17	0,14	0,07	0,13	0,15
F3	0,21	0,17	0,17	0,14	0,07	0,13	0,15
F4	0,07	0,17	0,17	0,14	0,64	0,13	0,22
F5	0,21	0,17	0,17	0,02	0,07	0,13	0,13
F6	0,07	0,17	0,17	0,14	0,07	0,13	0,12
TOT	1	1	1	1	1	1	

Respondente A18							X	=	/peso	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR			
F1	1	1	1	3	1	3	0,24	1,69	7,14	
F2	1,00	1	1	1	1	1	0,15	1,00	6,78	Soma 42,36
F3	1,00	1,00	1	1	1	1	0,15	1,00	6,78	Soma/6 7,06
F4	0,33	1,00	1,00	1	9	1	0,22	1,86	8,48	Ic = 0,2120
F5	1,00	1,00	1,00	0,11	1	1	0,13	0,81	6,36	Rc = 0,1710
F6	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1	0,12	0,84	6,82	Rc% 17%

APENDICE M – Matrizes do Respondente E2

Respondente E2						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	1	5	1	1	3
F2	1,00	1	1	1	1	1
F3	0,20	1,00	1	1	1	1
F4	1,00	1,00	1,00	1	3	1
F5	1,00	1,00	1,00	0,33	1	3
F6	0,33	1,00	1,00	1,00	0,33	1
TOT	4,53	6,00	10,00	5,33	7,33	10,00

Respondente E2 - Peso							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR
F1	0,22	0,17	0,50	0,19	0,14	0,30	0,25
F2	0,22	0,17	0,10	0,19	0,14	0,10	0,15
F3	0,04	0,17	0,10	0,19	0,14	0,10	0,12
F4	0,22	0,17	0,10	0,19	0,41	0,10	0,20
F5	0,22	0,17	0,10	0,06	0,14	0,30	0,16
F6	0,07	0,17	0,10	0,19	0,05	0,10	0,11
TOT	1	1	1	1	1	1	

Respondente E2							X	=	/peso	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR			
F1	1	1	5	1	1	3	0,25	1,71	6,81	
F2	1,00	1	1	1	1	1	0,15	1,00	6,59	Soma 39,74
F3	0,20	1,00	1	1	1	1	0,12	0,80	6,52	Soma/6 6,62
F4	1,00	1,00	1,00	1	3	1	0,20	1,33	6,73	Ic = 0,1246
F5	1,00	1,00	1,00	0,33	1	3	0,16	1,09	6,65	Rc = 0,1005
F6	0,33	1,00	1,00	1,00	0,33	1	0,11	0,72	6,44	Rc% 10%

APENDICE N – Matrizes do Respondente E5

Respondente E5						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
F1	1	5	1	1	3	3
F2	0,20	1	1	3	3	3
F3	1,00	1,00	1	3	3	3
F4	1,00	0,33	0,33	1	1	1
F5	0,33	0,33	0,33	1,00	1	3
F6	0,33	0,33	0,33	1,00	0,33	1
TOT	3,87	8,00	4,00	10,00	11,33	14,00

Respondente E5 - Peso							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR
F1	0,259	0,625	0,250	0,100	0,265	0,214	0,29
F2	0,052	0,125	0,250	0,300	0,265	0,214	0,20
F3	0,259	0,125	0,250	0,300	0,265	0,214	0,24
F4	0,259	0,042	0,083	0,100	0,088	0,071	0,11
F5	0,086	0,042	0,083	0,100	0,088	0,214	0,10
F6	0,086	0,042	0,083	0,100	0,029	0,071	0,07
TOT	1	1	1	1	1	1	

Respondente E5							X	=	/peso	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	PR			
F1	1	5	1	1	3	3	0,29	2,15	7,52	Soma 40,33 Soma/6 6,72 Ic = 0,1442 Rc = 0,1163 Rc% 12%
F2	0,20	1	1	3	3	3	0,20	1,33	6,61	
F3	1,00	1,00	1	3	3	3	0,24	1,56	6,61	
F4	1,00	0,33	0,33	1	1	1	0,11	0,71	6,61	
F5	0,33	0,33	0,33	1,00	1	3	0,10	0,66	6,41	
F6	0,33	0,33	0,33	1,00	0,33	1	0,07	0,45	6,56	