



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

SELMA SARAIVA DA COSTA MOREIRA

BOWTIE COGNITIVA EM PLATAFORMAS OFFSHORE

RIO DE JANEIRO

2023



UFRJ

Selma Saraiva da Costa Moreira

BOWTIE COGNITIVA EM PLATAFORMAS 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: Professor Isaac José Antônio Luquetti dos Santos (*in memoriam*)

Orientadora: Professora Cláudia do Rosário Vaz Morgado

Rio de Janeiro

2023

Moreira, Selma Saraiva da Costa

Bowtie Cognitiva em Plataformas *Offshore*/ Selma Saraiva da Costa Moreira. – Rio de Janeiro, 2023.
111 f.

Orientadores: Isaac José Antônio Luquetti dos Santos (*in Memoriam*)/ Cláudia do Rosário Vaz Morgado

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2023.

1. Ergonomia Cognitiva. 2. *Bowtie*. 3. Trabalho *Offshore*. 4. Fatores Humanos. I. dos Santos, Isaac José Antônio Luquetti; Morgado, Cláudia do Rosário Vaz. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. *Bowtie* Cognitiva em Plataformas *Offshore*.



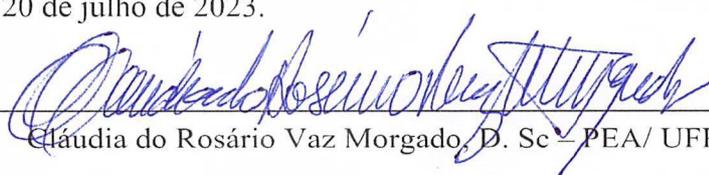
UFRJ

Selma Saraiva da Costa Moreira

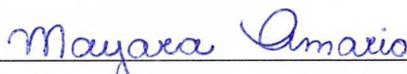
BOWTIE COGNITIVA EM PLATAFORMAS OFFSHORE

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.

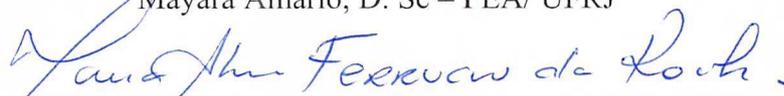
Aprovada em 20 de julho de 2023.



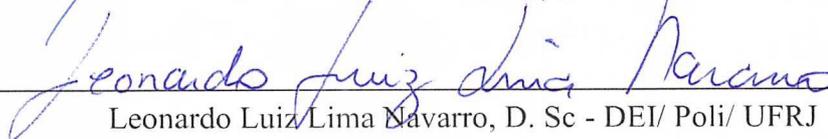
Cláudia do Rosário Vaz Morgado, D. Sc – PEA/ UFRJ



Mayara Amario, D. Sc – PEA/ UFRJ



Maria Alice Ferruccio da Rocha, D. Sc - Poli/ UFRJ



Leonardo Luiz Lima Navarro, D. Sc - DEI/ Poli/ UFRJ

“De tudo ficaram três coisas...

A certeza que estamos sempre começando...

A certeza de que é preciso continuar...

A certeza de que podemos ser interrompidos
antes de terminar...

Façamos da interrupção um caminho novo...

Da queda, um passo de dança...

Do medo, uma escada...

Do sonho, uma ponte...

Da procura, um encontro!”

(Fernando Sabino)

DEDICATÓRIA

Dedico esta Dissertação aos trabalhadores de plataformas de gás e petróleo, na esperança de que esta pesquisa possa ajudá-los em suas atividades laborais. E aos mestres que guiaram minha formação acadêmica e profissional. Este trabalho também é deles.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que sempre me guia na caminhada.

Sou grata à minha família pelo suporte durante. Saber que posso contar com eles me torna mais forte.

Às amigas conquistadas durante o Mestrado, especialmente Diva Tiemi Shinoda e Danielle Chaves Gonçalves Tavares, companheiras nos desafios enfrentados, sempre com o espírito colaborativo. Obrigada pela força!

À Universidade Federal do Rio de Janeiro e todos os seus professores, que se mantêm resistentes no objetivo de proporcionar um ensino de alta qualidade.

Deixo um agradecimento especial ao meu orientador, Professor Isaac José Antônio Luquetti dos Santos, pela dedicação e por me fazer pensar e questionar sobre o meu trabalho de pesquisa, me direcionando para o caminho certo. Deixará saudades....

Por fim, expresso minha gratidão à Professora Cláudia do Rosário Vaz Morgado, que aceitou me orientar na conclusão do trabalho.

RESUMO

MOREIRA, Selma Saraiva da Costa. Título: Ergonomia Cognitiva Aplicada na Análise do Trabalho em Plataformas *Offshore*: Aplicação da “Bowtie Cognitiva”. Rio de Janeiro, 2021. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Ano.

No ambiente laboral *offshore*, notadamente nas plataformas de óleo e gás, o risco de graves acidentes é intrínseco e os trabalhadores, durante o período de embarque, laboram, descansam e passam seu tempo livre na unidade, já que não podem retornar para casa ao final da jornada diária. Mesmo sob essas condições, precisam tomar decisões para manter a atividade de extração e processamento do petróleo. Por isso, viu-se a necessidade de abordar os aspectos cognitivos e de Fatores Humanos, de modo a incentivar as empresas a inclui-los em seus estudos de segurança. A estratégia escolhida foi a de adaptar uma ferramenta já conhecida, visando facilitar a aderência destes conceitos. Após pesquisa sobre o que se tem utilizado em indústrias complexas, notadamente em plataformas de óleo e gás, percebeu-se que a *BowTie Analysis* (BTA) atenderia ao objetivo. Optou-se então pelo estudo do risco de perda de controle de carga em atividade de movimentação com uso de guindaste, utilizando-se as quatro funções cognitivas do ciclo de decisão, observação x interpretação x planejamento e ação, como barreiras para impedir o evento topo. Para cada uma delas foram identificadas ameaças associadas a Fatores Humanos e sugeridas salvaguardas. Verificou-se que tal adaptação é possível, sendo a ferramenta *Bowtie* indicada para trabalhar em conjunto com Fatores Humanos e Ergonomia Cognitiva. Acredita-se que, uma vez provocadas, as empresas do ramo desenvolvam os próprios procedimentos e práticas para inserir esses aspectos em seus estudos de Saúde e Segurança do Trabalho, aprimorando a sua abordagem e fazendo com que os conceitos de Ergonomia Cognitiva e de Fatores Humanos sejam cada vez mais enraizados dentro da realidade laboral do país.

ABSTRACT

MOREIRA, Selma Saraiva da Costa. Título: Ergonomia Cognitiva Aplicada na Análise do Trabalho em Plataformas *Offshore*: Aplicação da “Bowtie Cognitiva”. Rio de Janeiro, 2021. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Ano.

In the offshore labor environment, especially oil and gas platforms, the risk of serious accidents is intrinsic and workers, during the boarding period, work, rest and spend their free time in the unit, as they cannot return home at the end of the daily journey. Even under these conditions, they need to make decisions to maintain oil extraction and processing activity. Therefore, is imperative to encourage companies to include the application of cognitive and Human Factors aspects in their safety studies. The chosen strategy was to adapt an already known tool, aiming to facilitate these concepts compliance. After researching what has been used in complex industries, notably in oil and gas platforms, it was realized that BowTie Analysis (BTA) would meet the goal. Then, it was decided to study the risk of load loss control in handling activities with cranes, using the four cognitive functions of the decision, observation x interpretation x planning and action, as barriers to prevent the top event. For each of them, threats associated with Human Factors were identified and safeguards suggested. It was verified that such adaptation is possible, being the Bowtie tool indicated to work together with Human Factors and Cognitive Ergonomics. It is believed that, once provoked, offshore companies can develop their own procedures and practices to insert these aspects in their safety studies, improving their approach and making Cognitive Ergonomics and Factors Humans concepts more and more accepted in Brazil labor routine.

LISTA DE FIGURAS

Figura-2.1:.....Localização das camadas de petróleo na crosta terrestre	05
Figura-2.2:.....Exemplos de plataformas fixa, <i>tension-leg</i> , auto-elevável, semissubmersível e navio-sonda, com suas configurações	07
Figura-2.3:.....Número de acidentes ocorridos nas indústrias <i>offshore</i> e de óleo e gás de 1970 a 2012	09
Figura-2.4:.....Evolução dos comunicados de acidentes na indústria petrolífera brasileira	10
Figura-2.5:.....Gráfico comparativo entre as fatalidades no Brasil e em outros países	11
Figura-2.6:.....Gráfico comparativo entre os ferimentos graves no Brasil e em outros países	11
Figura-2.7:.....Esquema da interface entre o operador e o sistema técnico	15
Figura-3.1:.....Exemplo de modelo cognitivo para execução de uma atividade	20
Figura-3.2:.....Modelo das diferentes funções mentais que um operador se utiliza no desempenho de uma tarefa	21
Figura-3.3:.....Pirâmide que ilustra os níveis de normalização	25
Figura-3.4:.....Proposta de Integração de Fatores Humanos	40
Figura-3.5:.....Sobreposição de competências fiscalizatórias	42
Figura-3.6:.....Pontos de melhoria na gestão de segurança <i>offshore</i>	44
Figura-3.7:.....Esquema <i>Bowtie</i> para demonstrar a necessidade da associação de barreiras humanas no sistema, como forma de aprimorar o sistema	45
Figura-4.1:.....Pirâmide invertida com a gradação de riscos, com a da faixa ALARP	63
Figura-4.2:.....Modelo do Diagrama <i>bowtie</i>	64
Figura-4.3:.....Processos Perceptivos x Cognitivos	65
Figura-4.4:.....Ciclo de decisão e exemplos de Fatores Humanos que podem ser associados	66
Figura-5.1:.....Etapas do Ciclo de Decisão para controle de duas ameaças de ocorrência de “kick” em plataforma. Vários Fatores Humanos	72

podem ser associados a cada uma delas

Figura-5.2:.....Resumo das relações entre os controles, de acordo com McLEOD	75
Figura-5.3:.....Diagrama <i>Bowtie</i> do estudo de caso – barreiras relacionadas ao ciclo de decisão	78
Figura-5.4:.....Diagrama <i>Bowtie</i> do estudo de caso	81

LISTA DE QUADROS

Quadro-2.1:...Plataformas atualmente em operação no Brasil, por tipo	08
Quadro-3.1:...Normas identificadas e seu destaque	27
Quadro-3.2:...Práticas do SGSO da ANP	42
Quadro-4.1:...Pesquisa na base de dados Periódicos Capes	49
Quadro-4.2:...Palavras-chave pesquisadas	50
Quadro-4.3:...Publicações selecionadas – 1ª seleção	51
Quadro-4.4:...Publicações selecionadas – seleção final	51
Quadro-4.5:...Pesquisa de Monografias, Dissertações e Teses	52
Quadro-4.6:...Artigos analisados	53
Quadro-4.7:...Monografias, Dissertações e Teses analisadas	55
Quadro-4.8:...Possíveis falhas nas funções cognitivas	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRISCO	Associação Brasileira de Análise de Risco, Segurança de Processos e Confiabilidade
ABS	<i>American Bureau of Shipping</i>
AET	Análise Ergonômica do Trabalho
ALARP	<i>As Low As Reasonably Practicable</i>
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
API	<i>American Petroleum Institute</i>
API RP	<i>American Petroleum Institute Recommended Practice</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
ATC	Análise das Tarefas Cognitivas
BN	<i>Bayesian Network</i>
BP	<i>British Petroleum</i>
BTA	<i>Bowtie Analysis</i>
CAT	Comunicação de Acidente de Trabalho
CBO	Código Brasileiro de Ocupações
CBSP	Curso Básico de Segurança de Plataforma
CCPS	Centro de Segurança para Processos Químicos.
CEN	Comitê Europeu de Normalização
CENPES	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CIPLAT	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes em Plataformas

CO ₂	Dióxido de Carbono
COI	Centro de Operação Integrado
COPPETEC	Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos
DNV	<i>Det Norske Veritas</i>
DOSH	<i>Department Of Occupational Safety And Health Malaysia</i>
DPC	Diretoria de Portos e Costas
ECOS	Estação Central de Operação e Supervisão
EEMUA	<i>Engineering Equipment and Materials Users Association</i>
EUA	Estados Unidos da América
FHOS	Fatores Humanos e Organizacionais da Segurança Industrial
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
FPSO	<i>Floating Production Storage and Offloading</i>
FPU	<i>Floating Production Unit</i>
FRAM	<i>Functional Resonance Analysis Method</i>
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GEMS	<i>Generic Error Modeling System</i>
H ₂ S	Sulfeto de Hidrogênio
HEP	<i>Human Error Probability</i>
HFACS	<i>Human Factors Analysis and Classification System</i>
HFES	<i>Human Factors and Ergonomics Society</i>
HTO	<i>Human-Technology-Organization</i>
HUET	<i>Helicopter Underwater Escape Training</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICI	<i>Imperial Chemical Industries PLC</i>

IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
IOGP	<i>International Association of Oil & Gas Producers</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LOPA	<i>Layer of Protection Analysis</i>
MB	Marinha do Brasil
MODU CODE	<i>Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units</i>
MPT	Ministério Público do Trabalho
MTP	Ministério do Trabalho e Previdência
NBR	Norma Brasileira
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety & Health</i>
NOPSEMA	<i>National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority</i>
NORM	<i>Naturally Occurring Radioactive Materials</i>
NORMAN	Norma da Autoridade Marítima
NR	Norma Regulamentadora
NRC	<i>Nuclear Regulatory Commission</i>
OMI	Organização Marítima Internacional
ONU	Organização das Nações Unidas
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PEA	Programa de Engenharia Ambiental da UFRJ
PETRO-HRA	<i>Petroleum Human Reliability Assessment</i>
PSA	<i>Petroleum Safety Authority</i>
PSF	<i>Performance Shaping Factors</i>
PT	Permissão de Trabalho

SGSO	Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional das Instalações Marítimas de Perfuração e Produção de Petróleo e Gás Natural
SIT	Secretaria de Inspeção do Trabalho
SRK	<i>Skills, Rules, Knowledge</i>
SOCAS	<i>Surface Operations Collision Awareness System</i>
SOLAS	<i>Safety Of Life At Sea</i>
SOMA	Segurança Operacional e Meio Ambiente
STAMP	<i>Systems-Theoretic Accident Model and Processes</i>
TENORM	<i>Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials</i>
TLP	<i>Tension Leg</i>
TLWP	<i>Tension Leg Wellhead Platform</i>
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
WOAD	<i>Worldwide Offshore Accident Databank</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	APRESENTAÇÃO DO TEMA.....	1
1.2	JUSTIFICATIVA	2
1.3	OBJETIVOS DO ESTUDO	3
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2	A INDÚSTRIA <i>OFFSHORE</i>.....	5
2.1	HISTÓRICO DE ACIDENTES.....	9
2.2	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO EM PLATAFORMAS <i>OFFSHORE</i>	12
2.3	UM SISTEMA SOCIOTÉCNICO COMPLEXO	13
3	ERGONOMIA COGNITIVA E FATORES HUMANOS.....	17
3.1	ERGONOMIA COGNITIVA	17
3.2	FATORES HUMANOS.....	22
3.3	SISTEMA REGULATÓRIO SOBRE ERGONOMIA COGNITIVA E FATORES HUMANOS EXISTENTES (BRASIL E EXTERIOR)	25
3.1.1	Normas.....	25
3.1.2	Arcabouço legal.....	33
3.4	A ATUAL ABORDAGEM DE ERGONOMIA COGNITIVA E FATORES HUMANOS PELAS EMPRESAS NAS UNIDADES OFFSHORE	36
3.5	FISCALIZAÇÃO BRASILEIRA SOBRE O TEMA EM PLATAFORMAS ...	41
3.2.1	A Ouro Negro	45
4	DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA <i>BOWTIE</i> COGNITIVA	46
4.1	REVISÃO DA LITERATURA	46
4.1.1	Caracterização Da Pesquisa Metodológica.....	46
4.1.2	Pesquisa nas Bases de Dados.....	48
4.1.1.1	Descrição das etapas da pesquisa nas bases de dados	48
4.1.1.2	Levantamento de Teses, Dissertações e Monografias	52
4.1.1.3	Motivação da escolha na seleção final	52
4.2	A FERRAMENTA <i>BOWTIE</i>	58

4.3.	DEFINIÇÃO DOS ASPECTOS COGNITIVOS QUE PODEM SER UTILIZADOS EM UMA ANÁLISE BOWTIE DA ATIVIDADE, DENTRO DO CONTEXTO DO REFERENCIAL TEÓRICO ESTUDADO.....	65
5	ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DA <i>BOWTIE</i>	68
5.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE A SER ANALISADA	68
5.2.	MONTAGEM DA BOWTIE COGNITIVA DA ATIVIDADE DE OPERAÇÃO DE GUINDASTE	71
5.2.1.	Premissas	71
5.2.2.	Montagem da <i>Bowtie</i>	76
6	CONCLUSÃO	82
	REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

FIGUEIREDO (2016) descreve de forma precisa as principais especificidades do ambiente laboral *offshore*, notadamente nas plataformas de óleo e gás: perigo, complexidade, caráter contínuo e dimensão coletiva. O risco de graves acidentes é intrínseco e os trabalhadores, durante o período de embarque, laboram, descansam e passam seu tempo livre sob essas condições de confinamento e reclusão, já que não podem embarcar em um helicóptero e retornar para casa ao final da jornada diária. Tampouco é fácil entrar em contato com familiares e entes queridos, e os colegas de turno acabam assumindo parte desta função. Além disso, convive-se com a ideia de que, na ocorrência de acidentes, mesmo com os modernos sistemas de resgate que vêm sendo desenvolvidos, a assistência pode não chegar no tempo necessário, uma vez que, aos impasses habituais para este tipo de situação, somam-se outros que podem dificultar o acesso ao tratamento adequado, como problemas climáticos, por exemplo.

Mesmo sob essas condições, os trabalhadores precisam tomar decisões para manter a atividade de extração e processamento do petróleo. Logo, neste processo de tomada de decisão, tantos os aspectos de Ergonomia Cognitiva como os Fatores Humanos precisam ser considerados.

Por isso, viu-se a necessidade de facilitar a abordagem de Ergonomia Cognitiva e dos Fatores Humanos, de modo a incentivar as empresas *offshore* a incluir esses aspectos em seus estudos de segurança. A estratégia escolhida foi a de empregar uma ferramenta já conhecida, visando facilitar a aderências desses novos conceitos.

Após pesquisa sobre o que se tem utilizado em estudos de segurança em indústrias complexas, notadamente em plataformas de óleo e gás, com enfoque em Ergonomia Cognitiva e/ou Fatores Humanos, percebeu-se que a *BowTie Analysis* (BTA) atenderia ao objetivo. E o instrumento foi adaptado a uma atividade fora das salas de controle, onde esses assuntos já são de uso mais comum, optando-se pela operação de guindastes, para demonstrar a possibilidade de ampliação desta visão para outros campos do trabalho *offshore*.

Espera-se, com isso, que novas ferramentas sejam utilizadas na análise de segurança das plataformas petrolíferas, com o objetivo de gerar mais segurança e conforto na execução dos serviços e evitando a prática que se vê atualmente nas investigações de acidentes, onde a maioria das causas é atribuída principalmente a atos inseguros e o trabalhador é visto como “problema” dentro do sistema complexo, por ser aquele que costuma falhar sempre.

1.2 JUSTIFICATIVA

Trabalhando mais de dez anos em um órgão público que realiza fiscalizações de Saúde e Segurança laboral nos mais diversos ambientes, o Ministério Público do Trabalho (MPT), observa-se a necessidade de uma visão direcionada a Fatores Humanos e aspectos cognitivos dos trabalhadores da indústria *offshore*. De um modo geral, esta análise ainda é muito precária, ou até mesmo inexistente, em praticamente todos os ramos, o que pode tornar o ambiente laboral prejudicial para a integridade da vida humana, principalmente considerando que o trabalho ocupa a maior parte do tempo do homem.

No caso dos ambientes *offshore*, o trabalho está presente 24 horas por dia durante o período de embarque e, sem dúvida, isso deve ser tratado e considerado na avaliação de risco do sistema produtivo. Neste contexto, tanto a Ergonomia Cognitiva como os estudos de Fatores Humanos podem contribuir consideravelmente, buscando e trabalhando os pontos mais frágeis. Essa foi a motivação da escolha deste ramo para o estudo.

Entende-se que para que uma nova abordagem seja cada vez mais disseminada na sociedade, inclusive a laboral, deve existir um impulso, que pode ser a necessidade de mercado, a criação de normas e leis específicas ou a fiscalização, orientando sobre o tema.

Como parte da Fiscalização, optou-se por focar no direcionamento das empresas para a possibilidade de utilização de uma ferramenta de gerenciamento de riscos conhecida, a *Bowtie*, associada a Fatores Humanos e aspectos cognitivos. Por isso, ela foi estudada, com posterior elaboração de um estudo de caso, para melhor ilustrar o tema.

1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO

1.3.1 Objetivo Geral

1.3.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral fosse alcançado, foram almejados os seguintes objetivos específicos:

- Revisão bibliográfica relacionada a Ergonomia Cognitiva e Fatores Humanos na Indústria *Offshore* no mundo.
- Pesquisa das normas internacionais e nacionais sobre o tema para verificar o quanto já foi abordado pelo arcabouço normativo-legal.
- Estudo da ferramenta *Bowtie* visando saber onde e como seria possível aplicar os Fatores Humanos e de Ergonomia Cognitiva.
- Contextualização e caracterização da atividade escolhida para ser analisada.
- Definição dos aspectos cognitivos e de Fatores Humanos a serem utilizados na Análise *Bowtie* específica da atividade.
- Elaboração do diagrama *Bowtie*, englobando Fatores Humanos e aspectos cognitivos, no estudo de caso (perda de controle de carga em atividade de movimentação com uso de guindaste).

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 apresenta o tema, a justificativa do trabalho e os seus objetivos e estrutura.

O Capítulo 2 discorre sobre a indústria *offshore*, histórico de acidentes, como é a organização do trabalho nas unidades e o sistema sociotécnico complexo, para contextualizar o ambiente foco do estudo.

O Capítulo 3 trata da Ergonomia Cognitiva, Fatores Humanos, normatização e legislação sobre o tema, como as empresas abordam a questão e como a fiscalização atua, visando se ter uma ideia da profundidade de sua utilização em sistemas complexos, notadamente o *offshore*.

O Capítulo 4 apresenta a estrutura metodológica, através da pesquisa realizada em artigos, dissertações e teses recentes acerca da temática abordada e desenvolve a ferramenta *Bowtie* Cognitiva, partindo de sua definição tradicional e definindo os aspectos cognitivos a serem utilizados.

O Capítulo 5 apresenta o estudo de caso, com caracterização da atividade escolhida para ser analisada e montagem da *Bowtie* cognitiva.

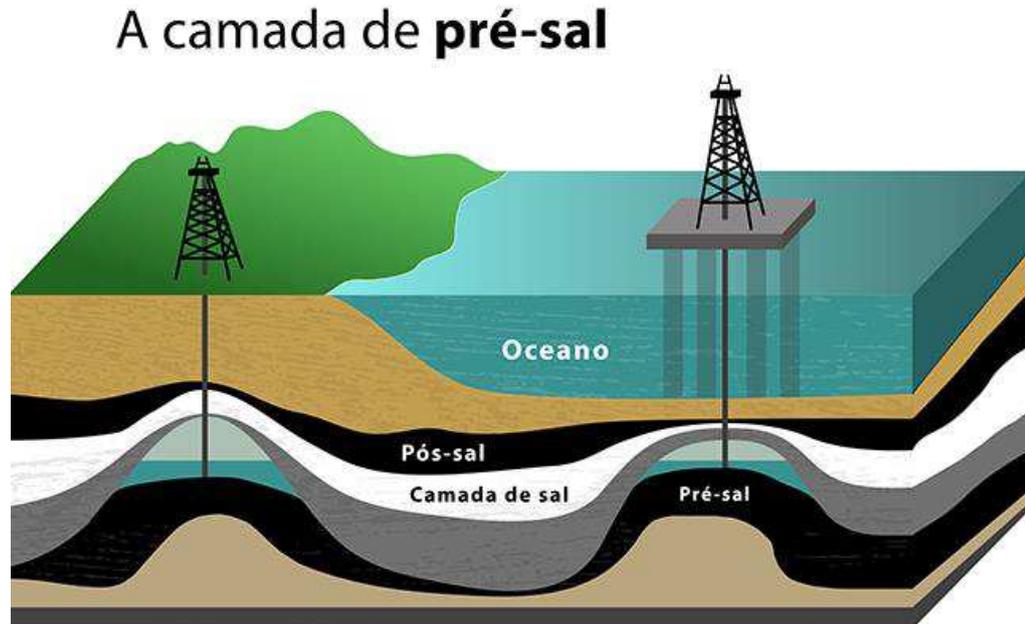
O trabalho é finalizado pelas conclusões, referências bibliográficas e apêndice contendo a *Bowtie* elaborada.

2 A INDÚSTRIA *OFFSHORE*

Para se entender o trabalho em plataformas de óleo e gás, é necessário compreender como funciona a indústria petrolífera, que se divide em três segmentos: o *upstream*, que engloba as fases de exploração e produção; o *midstream*, que consiste em toda a estrutura necessária para transportar o petróleo do campo até as refinarias; e o *downstream*, que abrange as atividades de refino, comercialização e distribuição do combustível até os postos de consumo. As plataformas de petróleo fazem parte da etapa *upstream*, que tem registrado consistentes avanços tecnológicos.

De acordo com RODRIGUES (2001), as atividades petrolíferas *offshore*, até 1960, se concentravam no Golfo do México. A partir de então o Mar do Norte apareceu no cenário mundial e logo após o Brasil, este no início da década de 80. A indústria continua em processo de amadurecimento, sendo o último grande marco a descoberta da possibilidade de exploração da camada do pré-sal, em 2007 (Figura 2.1).

Figura 2.1 - Localização das camadas de petróleo na crosta terrestre.



Fonte: <https://www.estudopratico.com.br/a-camada-pre-sal/>, acesso em 8/4/2020

As cinco etapas que formam a exploração e produção petrolífera no mar são: prospecção, perfuração, completção, produção e transporte.

A primeira etapa envolve a decisão de encontrar e perfurar o “poço pioneiro”, que depende de uma criteriosa avaliação técnica e de altos investimentos. Antes da perfuração do poço exploratório (método direto de prospecção), que confirmará a existência, ou não, de uma jazida, são realizados estudos magnéticos¹, gravimétricos² e sísmicos³. A realização de um ou mais desses estudos indicaria a possibilidade de existência de material a ser explorado. Entretanto, somente com a exploração em si se poderá ter certeza da presença de hidrocarbonetos.

Uma vez que o poço exploratório indica a presença de material, são perfurados outros poços, denominados poços de extensão, que contribuirão na análise da viabilidade econômica da exploração daquele reservatório. Confirmada a viabilidade, dá-se início à abertura dos poços de desenvolvimento, visando à extração dos hidrocarbonetos descobertos. Esta é a etapa de perfuração.

A atividade de preparar um poço para entrar em produção é denominada completação. Neste processo, pequenas explosões são causadas, criando orifícios no revestimento do poço que permitem o acesso de hidrocarbonetos à tubulação.

Para as atividades de perfuração e de produção podem ser usadas plataformas fixas ou móveis (Figura 2.2). As fixas normalmente são posicionadas através de uma estrutura metálica (jaqueta) ou de concreto.

As unidades móveis se subdividem em:

_ Auto eleváveis: Possuem estrutura de apoio fixado ao solo marítimo e operam em lâminas de até 150m, usualmente em atividades de perfuração.

_ Semissubmersíveis: estruturas flutuantes ancoradas que inicialmente foram projetadas para atividades de perfuração, mas passaram também a operar como unidades temporárias de produção. A diferença entre a semissubmersível e a submersível é que a segunda, quando chega à locação de projeto, têm o seu casco inferior apoiado ao fundo. Por isso, sua utilização é limitada a pequenas lâminas d’água, como rios e baías com pequenas profundidades. Um outro modelo de semissubmersível é a plataforma do tipo *Tension Leg*

¹ Método mais fácil, rápido e barato, consistindo na detecção de anomalias magnéticas no campo terrestre, de acordo com Marcelo Lopes, 2015.

² Teria o objetivo de identificar contrastes de densidades rochosas no subsolo, segundo Marcelo Lopes, 2015.

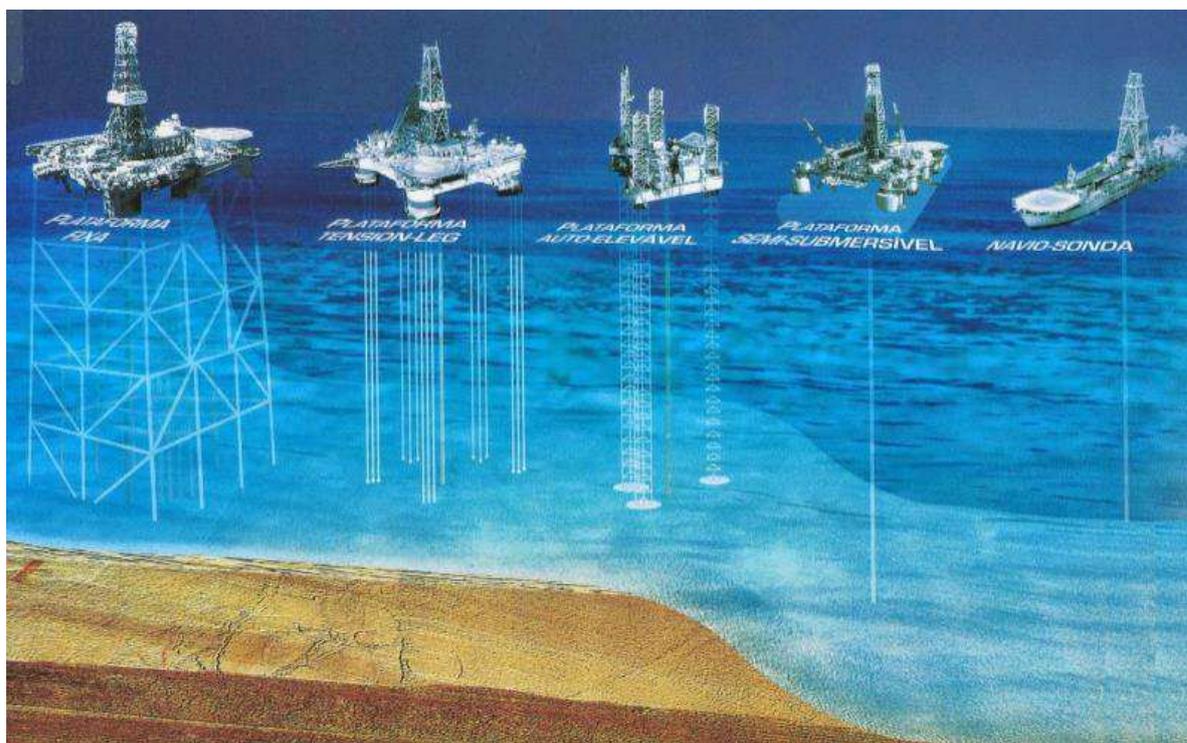
³ Fornece informações detalhadas sobre a configuração das camadas rochosas da crosta terrestre, segundo Marcelo Figueiredo, 2016.

Platform (TLP) ou *Tension Leg Wellhead Platform* (TLWP), cujas pernas principais são atirantadas ao fundo do mar, o que diminui consideravelmente a movimentação, permitindo operações similares às que ocorrem em plataformas fixas.

_ *Floating Production Unit* (FPU) ou navios-sonda: se assemelham a navios convencionais e permanecem flutuando sobre a locação de projeto.

_ *Floating, Production, Storage and Offloading* (FPSO): são complexas, pois, recebendo o petróleo dos poços, realizam a separação e o tratamento dos fluidos produzidos e os armazenam até direcioná-los para terra, por meio de dutos (oleodutos ou gasodutos) ou de navios de armazenagem.

Figura 2.2 - Exemplos de plataformas fixa, *tension-leg*, auto-elevável, semissubmersível e navio-sonda, com suas configurações.



Fonte: <http://construcaonaval-2013-1.blogspot.com/2015/04/tipos-de-plataformas-de-petroleo.html> , acesso em 6/8/2023.

Segundo site da Agência Nacional de Petróleo (ANP) o Brasil possui os seguintes tipos de plataforma em operação (atualização em outubro de 2022), de acordo com o quadro a seguir:

Quadro 2.1 – Plataformas atualmente em operação no Brasil, por tipo.

TIPO	QUANTIDADE
FPSO	37
FIXA	14
SEMISSUBMERSÍVEL	10
FPU	1
TLWP	1
TOTAL	63

Fonte: Elaboração própria, a partir do site da ANP⁴.

Quando os hidrocarbonetos de um poço em produção são lançados à superfície por diferença de pressão (ou seja, por elevação natural), o poço é chamado de surgente (ou insurgente). Com a exploração, a pressão vai se reduzindo a limites que impossibilitam a insurgência, sendo então utilizados recursos artificiais para viabilizar a saída do óleo (elevação artificial), como a injeção de gás no poço ou na coluna de produção, método mais conhecido. Neste caso, o poço é chamado de poço de injeção. E, quando o poço deixa de ser economicamente viável, ele é selado com tampões de concreto, encerrando a sua vida produtiva.

A tecnologia de processo mais utilizada na operação das plantas *offshore* é o sistema de automação e controle denominado Estação Central de Operação e Supervisão (ECOS), que possibilita o monitoramento das operações de campo e o envio de comandos para operação de outros sistemas. Ou seja, da sala de controle o operador acessa todos os dados de processo e faz as intervenções necessárias.

Importante destacar que, nos últimos anos, algumas unidades começaram a ser operadas remotamente. Neste contexto, a sala de controle fica em uma base terrestre, fora da plataforma, normalmente dentro de um Centro de Operação Integrado (COI).

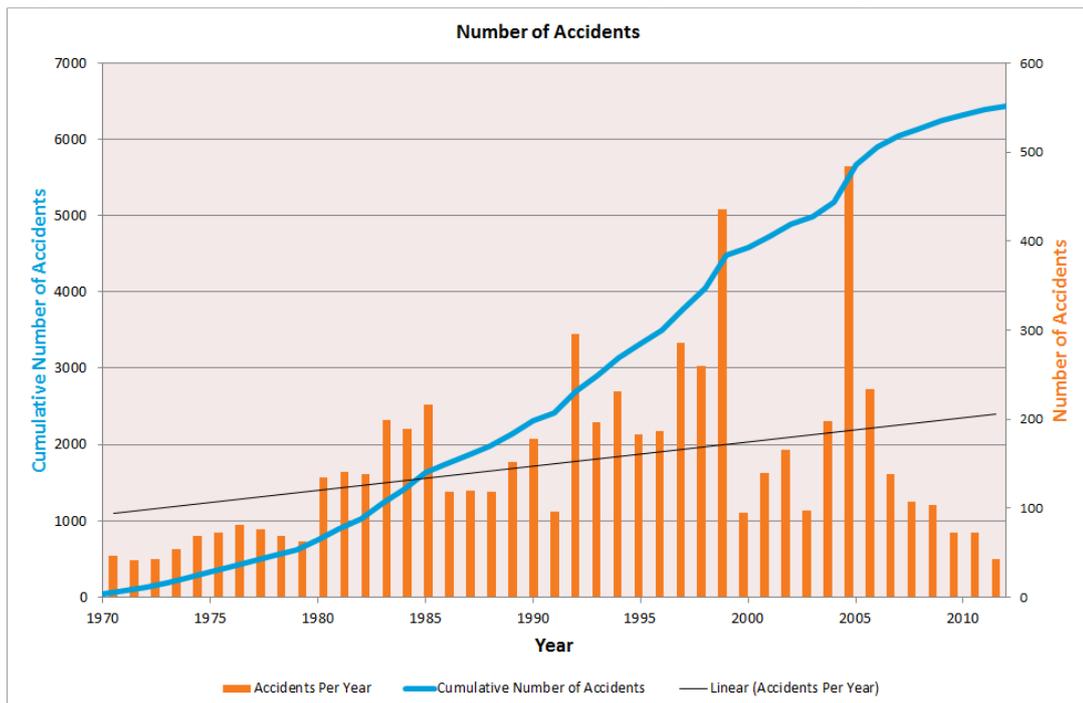
⁴ <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/lista-de-plataformas-em-operacao>, acesso em 3/10/2022.

2.1 HISTÓRICO DE ACIDENTES

A exploração de petróleo, notadamente em águas profundas, é uma das atividades mais arriscadas do mundo. O Relatório Estatístico de 2016, do banco de dados *Worldwide Offshore Accident Databan (WOAD)*, produzido pela Classificadora Norueguesa *Det Norske Veritas (DNV)*, que reúne informações de todos os acidentes que ocorreram nas indústrias *offshore* e de óleo e gás no mundo de 1970 a 2012, relata a ocorrência de 6.451 acidentes, sendo 6.045 diretamente ligados a plataformas. O documento deixa claro também que existe um número considerável de acidentes que não são reportados. Ou seja, o número real de eventos é ainda maior. Destaca-se ainda que um acidente pode ter uma ou mais vítimas.

Conforme ilustrado na Figura 2.3, o número de acidentes por ano teve seu ápice em 2005, havendo, depois disso uma tendência de melhora, que pode estar associada ao desenvolvimento de ferramentas para Gestão de Segurança.

Figura 2.3 - Número de acidentes ocorridos nas indústrias *offshore* e de óleo e gás de 1970 a 2012.



Fonte: *The Worldwide Offshore Accident Databank (WOAD) – DNV GL.*

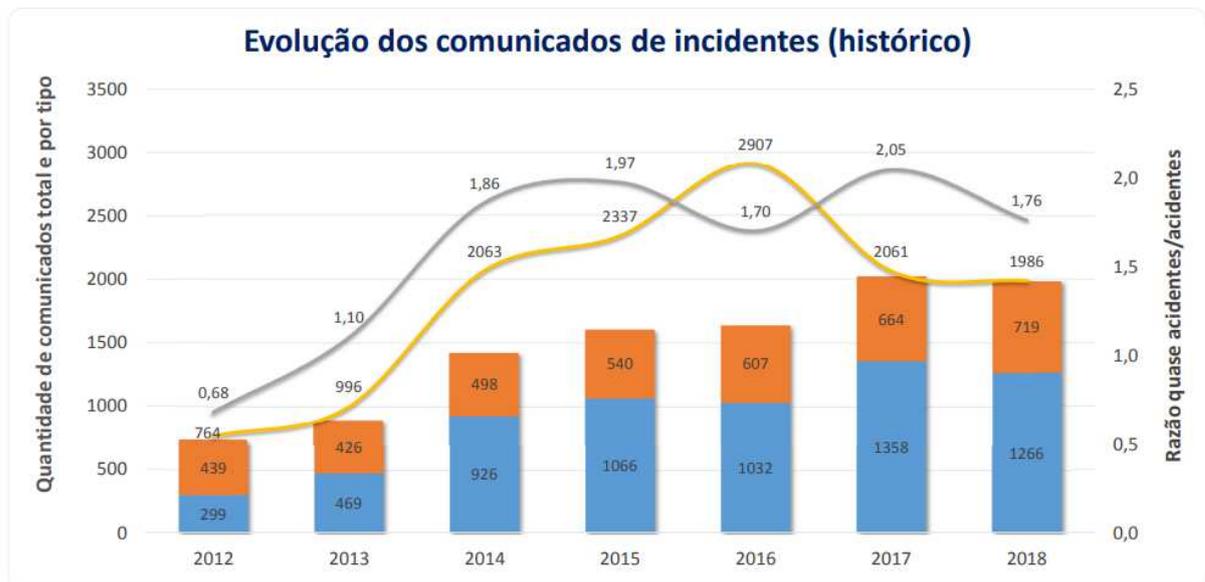
Segundo FIGUEIREDO (2016), o primeiro grande acidente registrado na indústria *offshore* ocorreu em 1979, na China. Uma tempestade causou inundação da casa de bombas, seguida de adernamento e naufrágio de uma unidade auto-elevável, com 72 vítimas. Outros acidentes internacionais famosos são o *da Piper-Alpha*, que ocorreu em 1988 no Mar do

Norte, quando falhas no sistema de tratamento de gás causaram explosões, incêndios e destruição total da unidade, com 167 mortes, e o da *Deepwater Horizon*, unidade da empresa *Transocean* a serviço da *British Petroleum* (BP), ocorrido em 2010, quando o aumento da pressão do petróleo provocou explosão e afundamento da plataforma, com 11 óbitos.

No Brasil, há 36 anos ocorreu o acidente na plataforma de Enchova, na Bacia de Campos, com 37 mortos e 19 feridos, sendo considerado até hoje o pior acidente do trabalho envolvendo plataformas de petróleo do país. Dezesete anos depois, em 2001, outro evento marcante ocorreu na P-36, maior plataforma de produção do mundo na época, quando um vazamento de gás ocasionou explosão seguida de incêndio, com morte de 11 petroleiros e afundamento da unidade. Em 2015, 09 trabalhadores morreram após a explosão da casa de bombas da plataforma FPSO Cidade de São Mateus.

Os dados apresentados pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) no *Workshop* de Segurança Operacional e Meio Ambiente (SOMA) de 2019, realizado em 30/10/2019, demonstram que entre 2012 e 2018 foram comunicados 6.416 quase acidentes e 3.893 acidentes no país, tendo 2018 o maior número de eventos informados (Figura 2.4).

Figura 2.4 - Evolução dos comunicados de acidentes na indústria petrolífera brasileira.

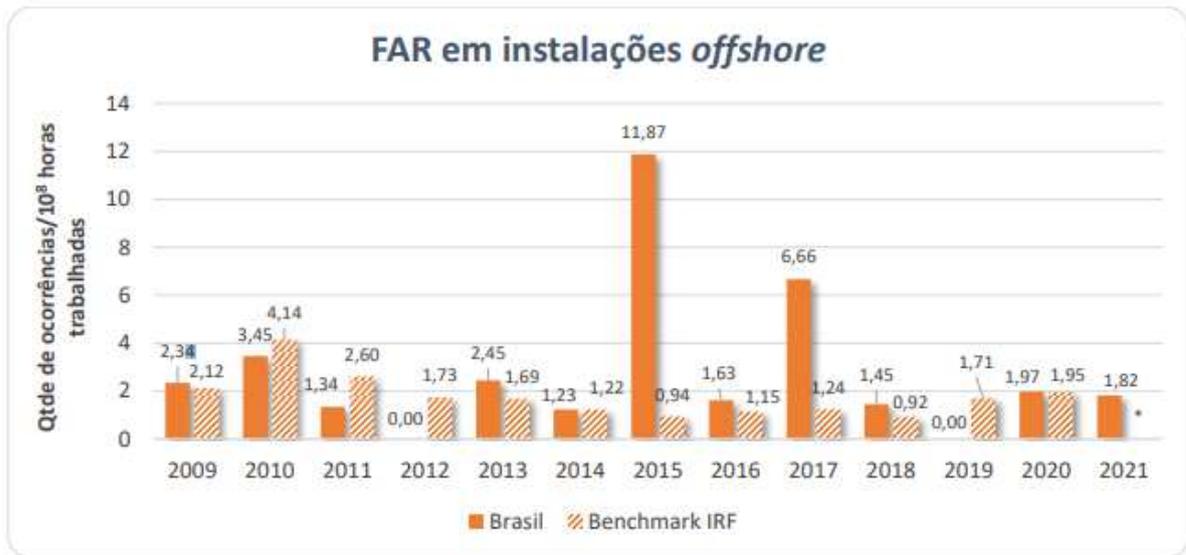


Fonte: ANP, 2019.

No *Workshop* SOMA de 2021, realizado em 18/10/2021, a Agência comparou o número de fatalidades ocorridas no Brasil e a média de outros países, demonstrando que a

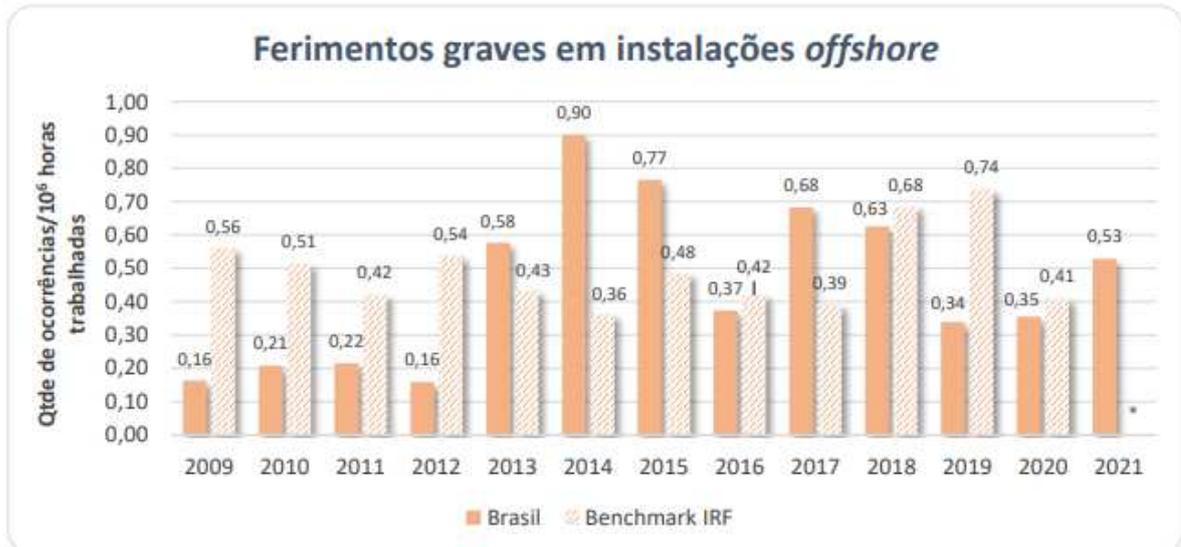
taxa nacional (FAR⁵) se mantém alinhada com o resto do mundo (Figura 2.5). Quanto aos ferimentos graves, percebe-se que ainda não há uma tendência de redução (Figura 2.6).

Figura 2.5 - Gráfico comparativo entre as fatalidades no Brasil e em outros países.



Fonte: ANP, 2021.

Figura 2.6 - Gráfico comparativo entre os ferimentos graves no Brasil e em outros países.



Fonte: ANP, 2021.

Outra fonte de dados, o Observatório de Saúde e Segurança do Ministério Público do Trabalho ⁶, informa a emissão de 7.172 Comunicações de Acidente de Trabalho – CAT (que é

⁵ Índice de fatalidades, representado pela seguinte fórmula: (número de fatalidades * 10⁸) / total de horas trabalhadas por todos os empregados durante o período analisado.

o registro do Governo Brasileiro de acidentados, ou seja, feito de forma individual) em atividades de apoio à extração de petróleo e gás natural, e de 6.299 CAT na atividade de extração de petróleo, totalizando 13.471 Comunicações de 2012 a 2021.

Tais dados demonstram que ainda ocorrem muitos acidentes no país e no mundo, e o desenvolvimento de ferramentas pode melhorar o desempenho da Gestão de Segurança na indústria de petróleo, em especial a *offshore*.

2.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO EM PLATAFORMAS *OFFSHORE*

O trabalho em ambientes *offshore* é caracterizado por numerosas atividades de risco desenvolvidas ao mesmo tempo e, muitas vezes, em proximidade. Podem ocorrer, inclusive, em espaços confinados, onde há limitação na renovação do ar do ambiente. Há exposição aos mais diversos agentes, como físicos (ruído, calor, vibração, radiações ionizantes e não-ionizantes), químicos (substâncias inflamáveis, explosivas, asfixiantes, tóxicas, cancerígenas etc.) e até mesmo biológicos (vírus, fungos e bactérias), devido ao compartilhamento de espaços fechados por muitas pessoas e alimentos que chegam contaminados, não sendo raros os casos de surto notificados à Agência Nacional de Vigilância e Saúde (ANVISA).

Segundo FIGUEIREDO (2016), devem ser considerados ainda os distúrbios do sono, problemas estomacais e outros causados pelo estresse, falta de privacidade, trabalhos em turno e exposição constante a ruído (muitas vezes até mesmo nos camarotes). Sem falar no alto risco de explosões, incêndio, vazamento de gases tóxicos (como H₂S, benzeno, monóxido de carbono, amônia etc.), choque elétrico, contato com superfícies quentes ou frias demais, esmagamento, queda entre níveis, queda de objetos, condições climáticas desfavoráveis e até mesmo queda de helicóptero, tudo no mesmo ambiente, que se arrisca chamar de hostil.

Importante destacar que há diferenças entre unidades antigas e novas, cujos projetos já abordaram com mais cuidado os fatores degradantes e as áreas de vivência. Também é um fator diferencial fundamental o tipo de liderança local.

Segundo listagem da ANP ⁷, há 63 plataformas em operação no país, envolvendo milhares de trabalhadores, laborando, no mínimo, 14 dias consecutivos, em turnos diários de

⁶ <https://smartlabbr.org/sst>, último acesso em 17/5/2020

⁷ <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/lista-de-plataformas-em-operacao>

12 horas (normalmente das 06:00 às 18:00h ou das 07:00 às 19:00h), com 12 horas de descanso, realizado dentro da unidade e com pouco contato com o mundo externo, deixando a pessoa praticamente fora do contexto social durante este tempo. Além disso, caso haja necessidade, o trabalhador é acionado também no seu período de repouso.

Quando o turno de embarque é de 14 dias, na primeira semana se costuma trabalhar no turno diurno e, nos últimos sete dias, na parte da noite. Segundo a Doutora em Saúde Pública Frida Marina Fischer⁸, deve-se prestar atenção ao “dia da virada”, quando acontece a troca de turnos pelas equipes: “pessoas que trabalham à noite tendem a apresentar estresse resultante da perturbação dos ritmos biológicos, causada pelo trabalho em turnos e lenta resincronização destes ritmos às mudanças do ciclo vigília-sono”. Outros efeitos à saúde comuns aos trabalhadores de turno seriam sonolência excessiva durante a jornada, alterações do sistema biológico e fadiga crônica. “Trabalhar em turnos também traz problemas gastrointestinais com frequência. Ainda, existem problemas metabólicos que podem levar à obesidade mesmo que a pessoa não coma a mais, visto que existe um desequilíbrio entre os hormônios do apetite e da saciedade”. A Doutora Frida revela ainda a possibilidade de alterações de memória, bem como de dificuldades em se manter a atenção, na interpretação de dados durante os períodos de sonolência, e na tomada de decisões durante situações não-rotineiras.

Destaca-se que, se no dia de desembarque, as condições meteorológicas impedirem o tráfego de helicópteros, os substitutos não chegam, tendo os embarcados que assumir os postos até que sejam retomados os voos.

Diante de todas essas variáveis não existem dúvidas de que a organização do trabalho em ambiente *offshore* é de fundamental importância na manutenção tanto da segurança, como do bem-estar dos trabalhadores durante o período de embarque, pois eles precisam estar respaldados por uma Gestão de Saúde e Segurança eficiente e eficaz.

2.3 UM SISTEMA SOCIOTÉCNICO COMPLEXO

Segundo FERREIRA (2018), o sociólogo Charles Perrow, em seu livro “Normal Accidents”, publicado em 1984, foi um dos primeiros a delinear os sistemas complexos, por

⁸ Revista Proteção, junho 2019, p.41/42

meio de características, como proximidade de partes ou unidades que não estão em uma sequência de produção, presença de muitas conexões entre componentes (partes, unidades ou subsistemas) que não estão em uma sequência de produção e muitos parâmetros de controle com potenciais interações. A classificação proposta por PERROW (1984, apud FERREIRA, 2018) considera as relações entre as partes técnicas do sistema e o ambiente, ainda sem a integração com o operador. ÁVILA FILHO (2012, apud FERREIRA, 2018) já incluiu o fator humano na sua caracterização de complexidade ao afirmar que os requisitos externos para a execução da tarefa são muitos e dependem de processamento final para a tomada de decisão; que existem etapas paralelas no procedimento (realizadas por um ou mais operadores) com possibilidade de alto risco; e que há necessidade de atenção em sistemas múltiplos (principal e auxiliar).

Na mesma linha, REIS (2015) afirma que os sistemas sociotécnicos complexos possuem quatro características marcantes: 1) sua constituição por vários componentes e fatores que se inter-relacionam e se interagem dinamicamente; 2) a impossibilidade de se determinar quando pode(m) ocorrer o(s) evento(s) que impactarão o sistema, ou mesmo a complexidade das mudanças por ele(s) geradas; 3) a existência de muitos objetivos a serem atingidos que, além de não terem uma hierarquia pré-determinada, podem entrar em conflito entre si; 4) a possibilidade de pouco tempo para reação dos operadores, potencializando o risco do erro humano.

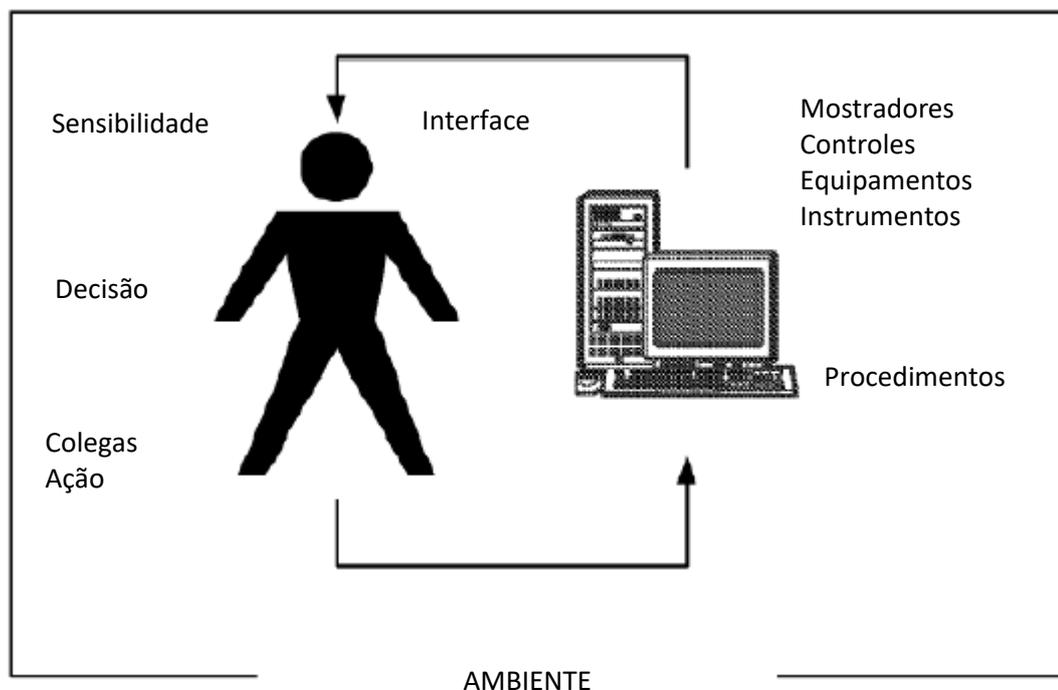
PEREIRA (2016) relata ainda que apesar de a complexidade ser confundida com a complicação, um sistema complicado possui elementos independentes: ou seja, se um for removido nem sempre o sistema sofrerá grandes alterações. Ao contrário, em um sistema complexo, a interdependência faz com que a remoção de um componente promova modificações substanciais, podendo até mesmo tornar o sistema inoperante (MILLER; PAGE, 2007).

A indústria petrolífera *offshore* é considerada um sistema sociotécnico complexo. Sociotécnico, pois associa um conjunto de indivíduos a instrumentos técnicos utilizados na realização da atividade. E complexo porque nas indústrias de processamento contínuo predominam interações não-lineares, que podem se multiplicar à medida que uma parte ou um subsistema é acionado. Ou seja, há inúmeras conexões associadas que, em caso de falhas, poderiam causar acidentes devido a imprevisibilidade das múltiplas interações possíveis.

Logo, acidentes podem acontecer por meio da interação parcial dos sistemas, mesmo com os componentes funcionando conforme projeto (KHAN et al., 2015).

A análise de um sistema sociotécnico complexo deve observar a interatividade entre os agentes humanos e tecnológicos, buscando apreender as ações realizadas pelos operadores na resposta a um ou mais eventos oriundos do sistema técnico e/ou do ambiente. Para essa avaliação cognitiva, devem ser verificadas as ações ou intervenções que o operador realiza para manter o sistema sociotécnico sob controle: a forma utilizada, os procedimentos seguidos e como se deu o processo de tomada de decisão (VIDAL, CARVALHO apud REIS AD, 2015) - (Figura 2.7).

Figura 2.7 - Esquema da interface entre o operador e o sistema técnico.



Fonte: REIS, 2015, p.53.

Nos processos continuados o controle exercido pelos operadores assume importância fundamental na confiabilidade dos sistemas, uma vez que são eles os agentes que tomam as decisões capazes de retornar as instalações a um estado seguro diante de imprevistos e anomalias (DUARTE, 2000, apud FIGUEIREDO, 2016). As ações que contribuem para a confiabilidade dos sistemas consistem em adaptações de procedimentos ao contexto real do trabalho, elaboração de procedimentos para manter o funcionamento eficiente e seguro das

instalações, ou propostas de alterações em elementos do sistema para aumento da qualidade ou da sua confiabilidade.

De acordo com FIGUEIREDO (2016), a confiabilidade é consequência da interrelação dos domínios homem x técnica. Ou seja, é resultante da interação entre as confiabilidades técnica e humana, ou, como preferem LEPLAT e TERSSAC (1990, apud FIGUEIREDO, 2016), entre os Fatores Humanos da confiabilidade: a confiabilidade sóciotécnica. Nesta, a dimensão coletiva é priorizada.

Equipamentos, pessoas e *softwares* se mantêm em interação constante, originando um comportamento coletivo. E os efeitos da combinação das ações dos componentes resultam em uma auto-organização que mantém o sistema funcionando quando influências internas ou externas aos processos ocorrem (PEREIRA, 2016).

O regramento organiza as relações de trabalho, dando coesão ao coletivo. Isso ajuda na proteção a ameaças externas e na adaptação junto às inovações tecnológicas e organizacionais. Para DEJOURS (1997, apud FIGUEIREDO, 2016) a eficiência deste coletivo pode minimizar os erros humanos. A cooperação transforma o todo na soma das partes, ou seja, permite que o total dos desempenhos individuais evolua para desempenhos superiores e suplementares, que absorvem erros e falhas singulares. É capaz de agregar diferenças e talentos específicos, bem como de compensar as falhas singulares. Logo, apesar de reconhecer a possibilidade de erros individuais, o jogo cruzado de ações possibilita que se detecte, corrija, ou mesmo se previna as consequências ocasionadas por eles. Esta é a força do coletivo.

Na atividade *offshore*, essa relação de cooperação e confiança é fundamental devido ao processo contínuo, que torna necessária a sucessão de trabalhadores na realização das tarefas. Logo, é importante que, na passagem de posto, aquele que o assume conheça as especificidades do trabalho, mesmo que não estejam indicadas de forma explícita por quem está encerrando o turno, tampouco na Permissão de Trabalho (PT) elaborada.

Após a compreensão da realidade do trabalho *offshore*, em especial nas plataformas de óleo e gás, e entendendo como a organização do trabalho é fundamental, notadamente neste tipo de sistema sócio-técnico complexo, parte-se agora para a verificação da aplicação da Ergonomia Cognitiva e dos Fatores Humanos e sua contribuição para a Segurança no Trabalho.

3 ERGONOMIA COGNITIVA E FATORES HUMANOS

3.1 ERGONOMIA COGNITIVA

“A partir de seu aparecimento oficial, a Ergonomia tende a ampliar suas bases científicas: de um lado, em direção à Biometria, à Biologia e à Biomecânica; de outro, em direção à Psicologia Social e à Sociologia.” (Antonine Laville, 1977, p.4).

Ergonomia, palavra de origem grega que une *ergo* (trabalho) e *nomos* (normas) teve sua primeira definição em 1857, quando o polonês W. Jastrzebowski a definiu como “uma ciência do trabalho que requer que entendamos a atividade humana em termos de esforço, pensamento, relacionamento e dedicação.”⁹. Ou seja, desde o início já se considerava tanto a parte física como a psicológica. (GUIMARÃES, 2004).

Quase um século depois, em 1949 foi criada a *Ergonomic Research Society*, formada por psicólogos, fisioterapeutas e engenheiros ingleses para tratar dos problemas de adaptação do trabalho ao homem (LAVILLE, 1977).

O estudo da Ergonomia demanda a avaliação do trabalho realizado, sendo considerada uma ciência multidisciplinar (Engenharia, Arquitetura, Psicologia, Fisioterapia, Medicina, Desenho Industrial, Administração etc.) na qual as condições laborais, em seus aspectos físico, biomecânico, ambiental, organizacional, cognitivo e psicossocial, devem favorecer o bem-estar e a segurança do trabalhador, sem comprometer a produtividade da empresa como um todo. Para isso, o ambiente de trabalho precisa ser ajustado às demandas, potencialidades e fraquezas dos trabalhadores. E o ideal é que essas condições sejam observadas na fase de concepção do posto de trabalho (WARTCHOW, 2019).

A Ergonomia contemporânea engloba os aspectos físicos, cognitivos e organizacionais.

A parte física, proveniente da corrente anglo-saxônica, avalia os limites e as capacidades do corpo humano e utiliza conceitos de antropometria. Considera também as condições ambientais, como temperatura, acústica, iluminação, e como o homem interage

⁹Tradução de VIDAL em <http://www.ergonomia.ufpr.br/Introducao%20a%20Ergonomia%20Vidal%20CESERG.pdf>

com o seu posto de trabalho. Estuda posturas desfavoráveis, movimentos repetitivos, movimentação manual de cargas e uso de força (MOTA e LEITÃO, 2018).

O viés organizacional envolve a distribuição das tarefas no tempo, a comunicação entre as ações, o estabelecimento de rotinas e procedimentos, as exigências e padrões de desempenho, as formas de supervisionar o executado, as possibilidades de designação das pessoas para realização da tarefa e as possibilidades de capacitação e treinamento contínuo.

A abordagem cognitiva, oriunda da escola francesa, considera a capacidade mental do ser humano no desenvolvimento do trabalho. Dedicase ao estudo da carga mental, da percepção, do raciocínio, do processo de tomada de decisão, da interação homem-máquina, do estresse etc. Abrange usabilidade, confiabilidade humana e operabilidade de sistemas.

LEE *et al* (2014, apud MOTA e LEITÃO, 2018) determinam que princípios como os de conforto, facilidade de uso e desempenho devem ser considerados no desenho dos sistemas de trabalho, se relacionando com os aspectos sensorial, de memória, de habilidade motora e de percepção dos seres humanos, necessários à correta execução das tarefas.

DITTMAR e FORBIG (2013, apud MOTA e LEITÃO, 2018) ressaltam ainda a necessidade de se compreender a interrelação do cérebro humano com o ambiente. Para isso, na análise cognitiva devem ser considerados aspectos como o nível de estresse dos trabalhadores, a motivação, o grau de competência e a influência dos turnos da jornada laboral sobre o trabalho realizado (VIDAL *et al*, 2000, apud MOTA e LEITÃO, 2018).

Segundo LEITÃO e MOTA (2018), além da preocupação com o desenho dos postos de trabalho, a Ergonomia também deve objetivar a redução da falha humana. Para isso, BLIGARD e OSVALDER (2014) apontam que, se os elementos humanos (como habilidades e limitações) forem considerados na fase de projeto de máquinas, a probabilidade da ocorrência do erro humano, bem como o nível de estresse durante a sua operação tendem a ser decrescentes, enquanto a efetividade dos sistemas cresce. O erro seria o resultado da incompatibilidade entre usuário, equipamento, atividade e ambiente, fatores de um sistema sociotécnico. Os autores concluem que a Ergonomia Cognitiva pode ter um papel relevante no desenho de postos de trabalho, na interface do homem com a máquina e na prevenção do erro humano, buscando encontrar as melhores práticas para potencializar tanto as condições de vida do trabalhador quanto seus resultados.

Para execução de um trabalho são descritas as tarefas necessárias, ou seja, o que deve ser feito. Sob olhar cognitivo, as tarefas demandam diagnóstico, planejamento, tomada de decisão etc.

O modo como a pessoa executa determinada tarefa é através de atividades que, segundo DANIELLOU (2010, apud REIS, 2015), consistem na mobilização do corpo com a inteligência para atingir determinados objetivos em condições específicas. Logo, a forma da execução dependeria do contexto, das prescrições, do estado de saúde, da ambiência organizacional, das ferramentas, das relações profissionais, das metas a serem batidas, das condições físicas do posto de trabalho, dentre muitas outras variáveis (FERREIRA, 1993, apud REIS, 2015).

DANIELLOU (2010) diz ainda que a atividade é composta por uma parte observável, o comportamento visível, e uma parte não-observável, relacionada à experiência, ao estado emocional, à condição física, à sensibilidade individual e ao raciocínio.

As tarefas laborais são consideradas como o trabalho prescrito e as atividades definem o trabalho real. E a Ergonomia também estuda essa discrepância, na tentativa de descobrir os fatores que permitem a aproximação do prescrito ao real.

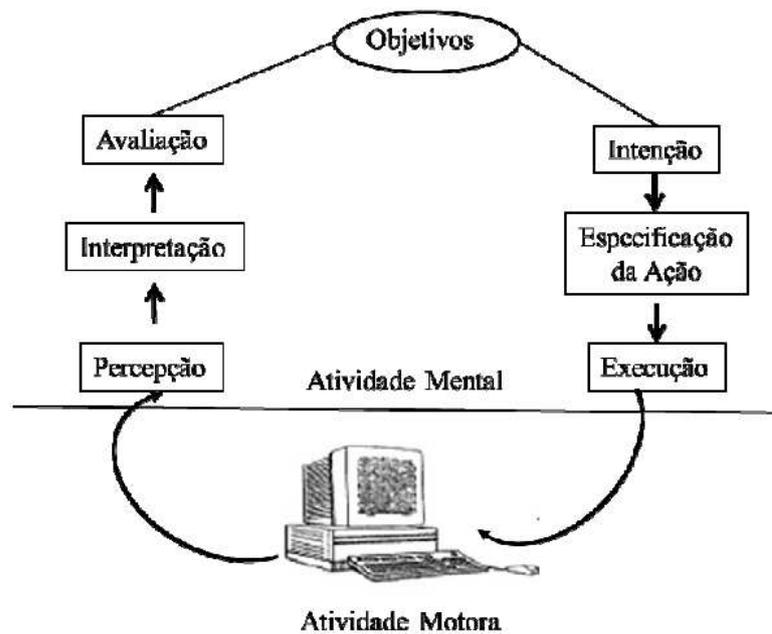
Segundo MENDES (2010), a organização do trabalho prescrito abrange normas, regras e comandos, formais e informais, e se refere a tudo que antecede à execução da tarefa, em busca da orientação e fiscalização do trabalho que se deseja ser bem-executado. O trabalho real é o trabalho prescrito submetido a eventos inesperados, imprevistos, problemas etc. Quanto maior a distância entre o prescrito e o real, maior a chance de sofrimento psíquico, já que “cabe ao trabalhador lidar com a insuficiência inevitável das prescrições, de modo a atender, via de ato de trabalhar, aquilo que lhe é demandado”.

O processo de trabalho é a avaliação do contexto da atividade humana no processo produtivo. Já a situação de trabalho engloba os fatores internos (personalidade, competência, estado orgânico) e externos (normas, meios de trabalho, mobiliário) na execução das atividades.

A relação do homem com o trabalho pode ser avaliada através das relações que um operador estabelece com a sua tarefa. Os instrumentos de trabalho e as máquinas constituem as fontes de informação ao trabalhador, que utiliza os seus órgãos sensoriais para interpretar e

decidir a ação que tomará para atender à demanda solicitada. Ato contínuo, a ação tomada torna-se fonte de novas informações a serem detectadas e tratadas pelo operador, criando-se uma cadeia homem-tarefa (Figura 3.1).

Figura 3.1 - Exemplo de modelo cognitivo para execução de uma atividade.

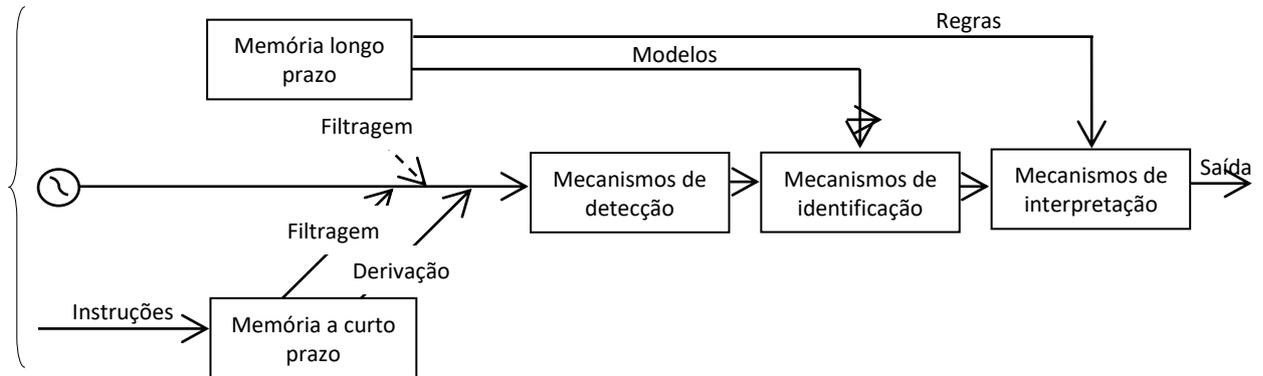


Fonte: REIS, 2015, p.65

As informações de entrada são provenientes da tarefa e do meio ambiente laboral e captadas pelos órgãos sensoriais. As funções mentais utilizadas variam entre mecanismos de detecção (receber a informação), de identificação (distinguir entre informação útil e inútil) e de interpretação (dar um significado na informação). Deve ser considerada ainda a memória, que se baseia em experiência passadas (Figura 3.2).

A tomada de decisão é decorrente dessas operações mentais e pode se manifestar de diversas maneiras: movimento, espera, ordem etc. Ou seja, a atividade mental prepara e comanda a atividade física, estando ambas intrinsecamente ligadas, já que um tratamento deficiente da informação pode provocar um ato inadequado.

Figura 3.2 - Modelo das diferentes funções mentais que um operador se utiliza no desempenho de uma tarefa.



Fonte: Adaptação própria de LAVILLE, 1977, p.12.

Ao contrário da parte física do trabalho, possível de se observar, descrever e decompor, a atividade sensorial laboral não é aparente. Porém, existe em todas as atividades, até mesmo nas mais simples. E os recursos da Análise do Trabalho são, até hoje, os mais bem-sucedidos para a determinação das atividades cognitivas.

Desenvolvida por OMBREDANE e FAVERGE (1955, apud LAVILLE, 1977), a Análise do Trabalho tem como objetivo analisar as exigências e condições reais da tarefa, bem como das funções efetivamente utilizadas para realizá-la. São quantificadas as variáveis obtidas e, com auxílio de técnicas de estatística, são aferidos a importância e o grau de probabilidade de cada uma delas.

Duas perguntas podem ser feitas para auxiliar a Análise do Trabalho: 1) Qual o trabalho a ser realizado? e 2) Como o trabalhador o realiza?

Abordando sob ponto de vista cognitivo, sabe-se que as pessoas tentam atingir suas metas fazendo as coisas conforme os requisitos da tarefa e restrições da situação.

Segundo LAVILLE (1977) a complexidade do comportamento humano deriva justamente da simplicidade do homem, que busca sempre atingir os objetivos determinados, combinada com a complexidade da situação na qual se encontram as metas a serem atendidas.

Para poder realizar sua tarefa, uma pessoa tem que perceber os estímulos do ambiente, receber a informação de outras pessoas, decidir que ações são apropriadas, levar a cabo estas ações, transmitir informação a outras pessoas para que possam realizar suas tarefas etc.. (CANAS e WAERNS, 2001, p2).

Essas ações: percepção (ou observação), interpretação (ou avaliação), decisão (ou planejamento) e execução (implementação), resultantes do estudo de HOLLNAGEL e CACCIABUE sobre o tema, em 1991, são as que devem ser trabalhadas na Análise do Trabalho, se avaliadas sob o ponto de vista cognitivo.

3.2 FATORES HUMANOS

WATERSON e EASON (2009, apud KARLTURN et al, 2016) afirmam que durante a década de 1960 a Ergonomia que vinha sendo desenvolvida no Reino Unido também passou a considerar a automação e a necessidade de compreender a influência dos aspectos de gestão, tecnologia e homem-máquina no trabalho. Paralelamente, o termo "Fatores Humanos" ou "Engenharia de Fatores Humanos" foi predominantemente usado nos Estados Unidos, sob influência da Psicologia e da Engenharia.

O termo "Fatores Humanos" foi durante algum tempo considerado como sinônimo de Ergonomia, pois ambos eram temas multidisciplinares e tratavam da interação do ser humano com os elementos tecnológicos do meio ambiente laboral. Porém, FRANÇA et al (2019) afirma que, enquanto os Fatores Humanos tratam especificamente dessa interação, notadamente nos sistemas complexos, a Ergonomia adota ainda outros conceitos, como os físicos, cognitivos e organizacionais.

Conforme descrito por CARAYON et al. (2015, apud KARLTURN et al, 2016), diferentes enfoques relacionados a Fatores Humanos em sistemas sociotécnicos surgiram ao longo dos anos; como a Macroergonomia (HENDRICK e KLEINER, 2001), a Ergonomia relacionada à atividade (DANIELLOU e RABARDEL, 2005), abordagem centrada no usuário (BOOHER, 2003) e abordagem de sistemas para Engenharia de Fatores Humanos (MORAY, 2000; WILSON, 2000); cada uma com sua abordagem e metodologia sobre o homem, e seu desempenho individual, e sobre as características do sistema (subsistemas incluídos, elementos do sistema de trabalho, características de interação etc.).

Segundo DEJOURS (1999), "Fator Humano" é a expressão usada pelos profissionais da área de Engenharia para designar o comportamento de homens e mulheres no trabalho, sendo geralmente associado à ideia de erro, falha cometida pelos operadores. Ou seja, parte-se do princípio de confiança absoluta na ciência e na técnica.

COSTA (2014) segue na mesma linha ao afirmar que os primeiros estudos sobre os acidentes industriais não enfocavam a prevenção dos acidentes e não ampliavam a visão para as circunstâncias e os determinantes das atividades. Com isso, os acidentes eram vistos como resultados de falhas dos trabalhadores, que estavam no lugar errado, na hora errada e/ou adotando a conduta errada, ou seja, o erro humano. Porém, quando os estudos começaram a analisar os sistemas técnicos percebeu-se que não é possível mudar a natureza humana e que, portanto, pessoas falham e os erros acontecem. Logo, barreiras foram sendo direcionadas para atuar nas condições de execução das atividades (CORREA, 2007, apud COSTA, 2014).

No campo da pesquisa, pode-se citar CAHILL et al (2019), que elaboraram um estudo para aprimorar o *software* (denominado *Surface Operations Collision Awareness System – SOCAS*) da Companhia Boeing, utilizado para manobras e taxiamento de aeronaves, através do enfoque dos Fatores Humanos, trabalhando os *Performance Shaping Factors* (PSF), ou seja, os fatores que influenciam o comportamento. Os PSF externos abrangeriam condições ambientais, *design* de equipamentos, procedimentos e supervisão fraca. Já os internos, incluiriam estado emocional, nível de estresse, condições físicas, experiência e conhecimento da tarefa a ser executada. Concluiu-se que a adaptação do sistema SOCAS poderia dar a informação correta ao piloto (ou a outro agente relevante), prevendo as ações mitigadoras a serem tomadas na prevenção do erro humano.

Também utilizando os PSH, mas agora voltados para a indústria do petróleo Norueguesa, TAYLOR et al (2018) desenvolveram o método PETRO-HRA, que estuda a contribuição humana no risco da indústria petrolífera. A conclusão é que este método melhora a qualidade das análises de segurança.

ISLAM et al (2017) realizaram uma pesquisa, relacionando os Fatores Humanos à manutenção em sistemas marinhos, com intuito de evitar acidentes e aumentar a vida-útil do maquinário. Como tal manutenção é feita por marítimos, certamente está sujeita ao erro humano. A metodologia utilizada se dividiu em três etapas: 1) Identificação da atividade (como estudo de caso, foram utilizados manutenção da bomba de água de refrigeração e do molinete da âncora) e a categoria de marítimo responsável por executá-la. A categoria é definida em relação a treinamento, experiência e nível de fadiga; 2) Seleção dos fatores internos e externos que poderiam levar os marítimos a erro durante as atividades de manutenção. Os fatores internos seriam treinamento, experiência e fadiga e os externos

consistem em condições ambientais (clima e temperatura no posto de trabalho) e operacionais (movimentação da embarcação, carga de trabalho, estresse, barulho e vibração). A decisão dos fatores se baseou em estudos anteriores e na opinião de *experts* e dos marítimos; 3) Aplicação do modelo matemático *Bayesian Network* (BN) para estimar a Probabilidade do Erro Humano (Humano *Human Error Probability* – HEP). A conclusão da pesquisa é que a metodologia escolhida é capaz de demonstrar as dependências entre os fatores que impactam as performances e as ações dos marítimos durante as atividades de manutenção, sendo efetiva e melhor que outras técnicas existentes para o cálculo de probabilidade do erro humano. Assim, através desta técnica, o comandante, ou o responsável, pode selecionar o profissional mais adequado para realização de cada atividade em determinadas condições, visando a redução de acidentes.

Com o objetivo de fornecer um panorama de como a Engenharia de Fatores Humanos está sendo implementada na indústria *offshore* do planeta, CHANDRASEGARAN et al (2020) desenvolveram estudo sobre o tema, chegando à conclusão de que, apesar de já existir material considerável em Fatores Humanos, sua efetiva utilização em projetos, construção e operação ainda não foi demonstrada de forma consistente. Algumas das razões apontadas seriam a compreensão inadequada das normas e dos regulamentos e a falta de alocação apropriada de recursos.

MOTA e LEITÃO (2018) também apontam que poucos estudos foram conduzidos com o propósito de explorar os Fatores Humanos na fase de desenvolvimento no setor de óleo e gás. Em uma tentativa de se expandir o conhecimento sobre o tema, empresas do ramo têm desenvolvidos estudos, como a Petrobras, que recentemente (2018) criou uma Coordenação de Fatores Humanos que, em uma cooperação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES) com a Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos (COPPETEC), pretendem aplicar o Projeto FHOS (Fatores Humanos e Organizacionais da Segurança Industrial), desenvolvido por François Daniellou, Marcel Simard e Ivan Boissière, em plataformas e refinarias.

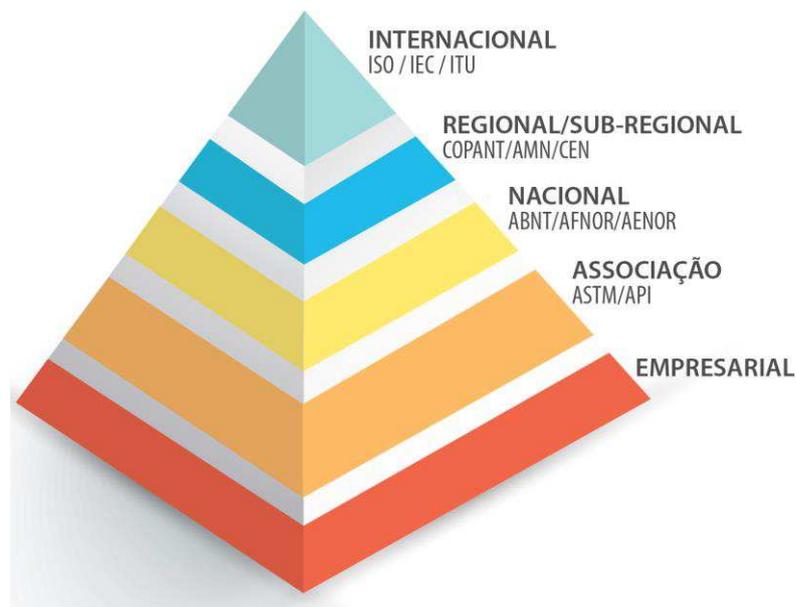
3.3 SISTEMA REGULATÓRIO SOBRE ERGONOMIA COGNITIVA E FATORES HUMANOS EXISTENTES (BRASIL E EXTERIOR)

Uma forma de se ter um conceito integrado a um sistema é o seu estabelecimento na normatização, ou legislação. Por isso, foi realizada uma pesquisa sobre o que se tem atualmente em relação a Ergonomia e Fatores Humanos, principalmente com foco na indústria *offshore*.

3.1.1 Normas

Porém, é importante saber antes que as normas são categorizadas de acordo com seu alcance geográfico, político ou econômico, podendo ser enquadradas como ¹⁰ (Figura 3.3):

Figura 3.3 - Pirâmide que ilustra os níveis de normalização.



Fonte: <http://www.abnt.org.br/normalizacao/o-que-e/niveis-de-normalizacao> (consulta em 21/5/2020)

- a) Normatização Internacional, que abrange vários países do mundo, estabelecidas por uma Organização Internacional de Normatização, como a *International Organization for Standardization* (ISO), por exemplo.

¹⁰ <http://www.abnt.org.br/normalizacao/o-que-e/niveis-de-normalizacao>

- b) Normatização Regional, cuja abordagem se aplica a uma região geográfica, econômica ou política do mundo. Pode-se citar como exemplo as Normas da Comunidade Europeia, definidas pelo Comitê Europeu de Normalização (CEN).
- c) Normatização Nacional, relacionada a determinado país. São emitidas por um Organismo Nacional de Normatização, reconhecido como autoridade para torná-las públicas. Um exemplo brasileiro é o das Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Importante ressaltar que Normas, como as da ANP e as Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Previdência possuem força de lei, por serem citadas na legislação brasileira.
- d) Normatização proveniente de associações, composta de normas que são criadas por entidades técnico-associativas, voltadas para o uso de seus associados. Porém, muitas ultrapassam esses limites e acabam se tornando referências, sendo utilizadas de forma mais ampla. Exemplo: *American Society for Testing and Materials* (ASTM).
- e) Normatização empresarial, com documentos elaborados por uma ou mais empresas com a finalidade de orientar aquisições, fabricações e vendas, entre outros. Um dos principais exemplos brasileiros é o grupo de Normas da Petrobras.

Após uma pesquisa na normatização existente sobre a indústria *offshore*, buscando verificar o que existe em relação a Ergonomia Coognitiva e Fatores foi identificado o constante do quadro resumo a seguir:

Quadro 3.1 – Normas identificadas e seu destaque.

Órgão	Norma e seu destaque
<p>A <i>International Maritime Organization</i> (IMO), conhecida no Brasil como Organização Marítima Internacional (OMI), foi criada em 1948, como um braço técnico na estrutura da Organização das Nações Unidas (ONU) com o objetivo de regular a segurança das operações marítimas em geral. A sede da OMI se localiza em Londres, Inglaterra, e possui 169 Estados Membros e três Associados.</p>	<p>Convenção IMO, ratificada pelo Brasil em 1957¹¹. Em suas diretrizes é proposta (apêndice 1), já no ano de 2002, a adoção do conceito da probabilidade de erro humano (<i>Human Error Probability</i> - HEP) para aumentar a segurança na indústria naval, (Islam et al, 2017).</p> <p><i>Safety Of Life At Sea</i> (SOLAS), com o propósito de “estabelecer os padrões mínimos para a construção de navios, para a dotação de equipamentos de segurança e proteção, para os procedimentos de emergência e para as inspeções e emissão de certificados”¹²,</p> <p><i>Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units</i> (MODU CODE), que estabelece um “padrão internacional para as Unidades Móveis de Perfuração Marítima que facilite a movimentação internacional e a operação destas unidades e assegure um nível de segurança para elas equivalente ao dado pela SOLAS e pela “Load Lines” aos navios convencionais.”¹³.</p>
<p>A ISO surgiu em 1946 em Genebra, na Suíça, com o objetivo de desenvolver normas que pudessem ser utilizadas por todo o planeta. Mais de 111 países a integram. No Brasil é representada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)¹⁴.</p>	<p>A ISO 6385 (<i>Ergonomic Principles in the Design of Work Systems</i>) define como, em um projeto de um sistema, os seguintes aspectos devem ser parametrizados: a) o projeto da organização; b) o projeto das tarefas a serem executadas; c) o projeto dos trabalhos a serem executados; d) o projeto do meio ambiente de trabalho; e) o projeto dos equipamentos de trabalho (<i>hardware</i> e <i>software</i>); e f) o projeto do posto de trabalho. Esta ISO poderia funcionar como um guia de referência, mas ainda deve ser revisada, segundo LEVA et al (2015) para propiciar uma lista mais compreensível e estruturada das práticas disponíveis. Por exemplo, ela não referencia outras Norma ISO sobre o tema, como a ISO 11064.</p>

¹¹ <https://www.marinha.mil.br/dhn/?q=pt-br/omi>

¹² <https://www.ccaimo.mar.mil.br/solas>

¹³ <https://www.ccaimo.mar.mil.br/code-construction-and-equipment-mobile-offshore-drilling-units>

¹⁴ <https://certificacaoiso.com.br/o-que-e-iso-e-por-que-certificar/>

Órgão	Norma e seu destaque
	<p>A ISO 9241-11 (ABNT NBR ISO 9241-11:2011 - Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual - Parte 11: Orientações sobre usabilidade) explica como identificar a informação necessária a ser considerada na usabilidade de dispositivos de interação visual.</p>
	<p>A ISO 14224 (<i>Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment</i>) fornece orientações importantes sobre como obter informações de qualidade sobre falhas nos equipamentos para tomada de decisão na indústria de petróleo e gás. A última versão, de 2016, apresenta uma definição de erro humano, atualmente a única existente nas normas ISO, e descreve as diversas formas de erro usadas na classificação das causas de falha. SELVIK e BELLAMY (2019) concluem que o referido regulamento faz uma distinção clara entre “erro” e “erro humano”, sendo consistente no uso do termo “erro”. Além disso, proporciona meios de identificar e separar os diferentes tipos de erro humano, como erros, lapsos e deslizes. Desta forma, a ISO 14224 pode contribuir no entendimento do papel do erro humano nas falhas de equipamentos.</p>
	<p>A ISO 11064 (<i>Ergonomics design of control centres</i>), diretriz normativa voltada para projetos de salas de controle da indústria nuclear, apresenta diretrizes sobre requisitos de projeto, <i>layouts</i> dos ambientes e das estações de controle, condições ambientais etc., com abordagem cognitiva, que podem ser adaptados para a indústria <i>offshore</i>.</p>
	<p>A ISO 45003 (<i>Occupational health and safety management — Psychological health and safety at work — Guidelines for managing psychosocial risks</i>), publicada em junho 2021, é a primeira norma de Saúde e Segurança Ocupacional com objetivo de reduzir os riscos psicossociais.</p>
<p>A <i>International Electrotechnical Commission (IEC)</i> padroniza tecnologias elétricas, eletrônicas e relacionadas, tendo alguns padrões desenvolvidos em</p>	<p>A IEC 60964 (<i>Design for control rooms of nuclear Power Plants</i>) aborda, entre outros itens, a análise do trabalho dos operadores de sala de controle, com enfoque cognitivo, definindo requisitos funcionais a serem observados (local de trabalho, condições</p>

Órgão	Norma e seu destaque
parceria com a ISO ¹⁵ , sendo representada pela ABNT no Brasil.	ambientais, <i>layout</i> / mobiliário/ configuração, sistemas de comunicação e integração entre controles e informações, entre outros). Apesar de também ser voltada para a indústria nuclear, seus requisitos podem ser aproveitados em salas de controle de plataformas de petróleo.
<p>A <i>ASTM International</i> (ASTM), originalmente conhecida como <i>American Society for Testing and Materials</i>, é um órgão norte-americano de normatização, voltado para materiais, produtos, sistemas e serviços. Desenvolveu dois documentos-chave para a indústria de óleo e gás que abrangem a questão dos Fatores Humanos, que oferecem uma estrutura de execução com requisitos prescritivos, incluindo dados antropométricos para o desenvolvimento de instalações. Não fornecem metodologias detalhadas, mas listam métodos (como análise de criticidade das válvulas, análises de <i>link</i> e revisões de projeto) que podem ser usados com o envolvimento de especialistas de Fatores Humanos em sua execução. Em comparação com os padrões ISO, os padrões técnicos ASTM podem ser implementados pelos projetistas e engenheiros imediatamente no projeto das instalações, e se tornaram um material de referência pelas empresas na elaboração de suas próprias diretrizes, devido à quantidade substancial de requisitos prescritivos em formato de figuras e tabelas</p>	<p>A F1337 (<i>Standard Practice for Human Systems Integration Program Requirements for Ships and Marine Systems, Equipment, and Facilities</i>) estabelece processos e requisitos para incorporar a Integração Homens x Sistemas Humanos em embarcações (governamentais ou comerciais), estruturas <i>offshore</i> equipamentos e sistemas navais pelo seu ciclo de vida.</p> <p>A ASTM F1166¹⁶ (<i>Human Engineering Design for Marine Systems, Equipment and Facilities</i>), por sua vez, fornece requisitos para que os projetos ergonômicos das unidades marítimas abranjam aspectos de performance, carga de trabalho, saúde e segurança e habitabilidade nas embarcações. O seu Apêndice XI contém um <i>checklist</i> de Engenharia de Fatores Humanos. Entretanto, não engloba as especificidades de uma plataforma petrolífera.</p>

¹⁵ https://pt.wikipedia.org/wiki/Comiss%C3%A3o_Eletrot%C3%A9cnica_Internacional

¹⁶ <https://www.astm.org/Standards/F1166.htm>

Órgão	Norma e seu destaque
que estão disponíveis (CHANDRASEGARAN et al, 2020).	
<p>A <i>Engineering Equipment and Materials Users Association</i> (EEMUA), uma das principais reguladoras de sistemas de alarmes, é uma Associação da indústria que visa a melhoria da segurança nos desempenhos ambiental e operacional das instalações industriais de maneira econômica, que se consegue através do compartilhamento de experiências entre diferentes operadores. No contexto de Fatores Humanos, destacam-se dois documentos-guia, que transmitem a filosofia de <i>design</i> centrado no usuário, sendo utilizadas, inclusive na indústria de óleo e gás, para projetar as salas de controle, apesar de não fornecerem requisitos prescritivos (CHANDRASEGARAN et al, 2020). LEVA et al (2015) concordam ao afirmar que a abordagem de ambas ainda é genérica.</p>	<p>A EEMUA 191 leva em consideração os requisitos para que o operador receba a informação e responda aos alarmes de forma adequada.</p> <p>A EEMUA 201 é direcionada projeto, dando referências para formatos de tela e condições ambientais que podem afetar a ação humana.</p>
<p>A <i>International Association of Oil & Gas Producers</i> (IOGP¹⁷), entidade com sede no Reino Unido e influência na indústria global de <i>upstream</i>, reconheceu que os Fatores Humanos são um componente essencial na melhora do desempenho humano no local de trabalho.</p>	<p>Documentos de orientação, destacando-se o “Engenharia de Fatores Humanos em Projetos”, que tentar alinhar a conformidade organizacional com os padrões estabelecidos. Atividades, recursos, breves metodologias e estudos de caso são fornecidos, com o objetivo de incluir a Engenharia de Fatores Humanos como parte do projeto, com requisitos mínimos dentro do ciclo de vida do <i>design</i>. Ou seja, a IOGP propôs um modelo simples para a execução que pode vir a atender às expectativas regulatórias (CHANDRASEGARAN et al, 2020).</p>

¹⁷ <https://www.iogp.org/>

Órgão	Norma e seu destaque
<p>O <i>American Petroleum Institute</i> (API)¹⁸ é a maior Associação comercial dos Estados Unidos da América (EUA) para a indústria de petróleo e gás natural, com mais de 600 membros. Sua missão é a de promover a segurança em todo o setor globalmente e influenciar as políticas públicas em apoio a um setor forte e viável de petróleo e gás natural nos EUA. É um centro de pesquisas, treinamentos, certificações e normatizações. A <i>American Petroleum Institute</i> (API) mantém mais de 700 padrões e práticas recomendadas. Muitos foram incorporados às regulamentações americanas e são citados pela comunidade reguladora internacional. As seguintes publicações merecem destaque.</p>	<p>A API 14C (<i>Recommended Practice for Analysis, Design, Installation and Testing of Basic Surface Safety Systems for Offshore Production Platforms</i>), que fala dos Sistemas de Segurança e é muito utilizada nas plataformas brasileiras, apenas menciona a necessidade de se considerar o erro humano.</p> <p>A API 14J (<i>Recommended Practice for Design and Harzards Analysis for Offshore Production Facilities</i>), também muito utilizada no Brasil, aborda os Estudos de Risco. Em seu capítulo de Considerações Especiais de Segurança há um tópico relacionado ao erro humano, com referência à ASTM F1166, mas ainda muito superficial.</p> <p>A <i>American Petroleum Institute Recommended Practice</i> (API RP) 755¹⁹, por sua vez, fala sobre sistemas de gerenciamento de riscos de fadiga para pessoal das indústrias de refino e petroquímica, orientando todos os níveis hierárquicos quanto reconhecimento e gerenciamento de fadiga laboral. Também descreve como se estabelecer políticas e procedimentos para resolver esses problemas no local de trabalho.</p>
<p>As Sociedades de Classificação são órgãos não governamentais que estabelecem e mantêm normas técnicas para a construção de navios e estruturas <i>offshore</i>. Desempenham um papel significativo em garantir que os Fatores Humanos sejam considerados já na fase projetual, já que muitas instalações estão sob sua supervisão. <i>American Bureau of Shipping</i> (ABS) e DNV são exemplos de órgãos que publicaram</p>	<p>Documentos de orientação específicos sobre Engenharia de Fatores Humanos e outros destinados a melhorar o desempenho humano, reduzir a fadiga e melhorar a qualidade de vida no mar.</p>
<p>Apesar de voltada para outro ramo industrial, importante destacar a <i>Nuclear Regulatory Commission</i></p>	<p>A NUREG 711 (<i>Human Factors Engineering Program</i>) apresenta o conceito de Engenharia de Fatores Humanos e busca, através de experimentos laboratoriais e</p>

¹⁸ <https://www.api.org/>

¹⁹ <https://www.api.org/oil-and-natural-gas/health-and-safety/refinery-and-plant-safety/process-safety/process-safety-standards/rp-755>

Órgão	Norma e seu destaque
(NRC), agência independente do governo dos Estados Unidos, fundada em 1974 e encarregada de proteger a saúde pública e a segurança relacionada à energia nuclear. ²⁰	simulações, obter dados sobre as características humanas, com o objetivo de inseri-los no projeto de ferramentas, máquinas, sistemas, interfaces e equipamentos, para uso efetivo pelo ser humano em condições confortáveis e seguras.
	A NUREG 700 (<i>Human-System Interface Design Review Guideline</i>) abrange o projeto do local de trabalho, no caso, a sala de controle, podendo ser utilizada por analogia em outros tipos de indústria

Fonte: Elaboração própria.

²⁰ <https://www.nrc.gov/about-nrc.html>

3.1.2 Arcabouço legal

CHANDRASEGARAN et al (2020) desenharam um panorama da situação pelo mundo, a começar pelo Reino Unido, onde ocorreu mudança substancial no gerenciamento de riscos na indústria *offshore* após o acidente com a plataforma *Piper-Alpha*, em 1988. Entre outras medidas, foi estabelecida legislação voltada para momentos específicos: novas instalações, modificações e desativação das instalações.

Com relação aos Fatores Humanos, o órgão regulador do setor de óleo e gás (HSE UK) reconhece a sua importância na prevenção de acidentes e de condições prejudiciais à saúde no local de trabalho, através de projetos mais seguros. Para isso, desenvolveu um conjunto orientações e ferramentas para serem aplicados desde a fase projetual, mas atendendo a todo o ciclo de vida de uma instalação.

Já o *National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority* (NOPSEMA), agente regulador para saúde, segurança e gestão ambiental australiano, possui regulação sobre Engenharia de Fatores Humanos em vigor (CHANDRASEGARAN et al, 2020).

As instalações relacionadas ao petróleo da Noruega estão sob a alçada do *Petroleum Safety Authority* (PSA) e a legislação aplicada abrange, dentre os aspectos de saúde, segurança e meio ambiente, os Fatores Humanos. Os regulamentos gerenciam várias atividades e requisitos específicos desde o desenvolvimento até o descomissionamento. Os padrões técnicos noruegueses, como o NORSOK S-002 (Ambiente de Trabalho), são prescritivos. No entanto, como não possuem força de lei, é possível a utilização de outros meios para o atendimento do regime regulatório. Além disso, não há uma abordagem coordenada da ergonomia física, cognitiva e organizacional, enfraquecendo o foco em Engenharia de Fatores Humanos durante a fase de projeto, o que reflete nas instalações (CHANDRASEGARAN et al, 2020).

Nos Estados Unidos, a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), que regula e inspeciona os locais de trabalho publicou o OSH Act 1970, determinando como dever dos empregadores proporcionar aos seus trabalhadores um local de trabalho livre de riscos graves (NICHOLS e PALMER, 2015, apud CHANDRASEGARAN et al, 2020). As instalações *offshore* estão sob a alçada do *Bureau of Safety and Environmental Enforcement*

desde 2010, como resultado das mudanças regulatórias trazidas pelo acidente com a plataforma *Deepwater Horizon*. Além disso, associações da indústria e do comércio, como o *National Institute for Occupational Safety & Health* (NIOSH) produziram padrões técnicos para apoiar os órgãos reguladores. No entanto, Fatores Humanos e organizacionais ainda precisam ser mais aprofundados (WILKINSON, 2017, apud CHANDRASEGARAN et al, 2020).

A Lei de Desenvolvimento do Petróleo de 1974 da Malásia estabeleceu a PETRONAS como responsável pelo planejamento, investimento, regulamentação e fiscalização *upstream*. A parte de Fatores Humanos é abrangida pelos regulamentos relativos a segurança e saúde ocupacional, sob a alçada do *Department Of Occupational Safety And Health Malaysia* (DOSH²¹), departamento do governo, responsável pela administração e aplicação das legislações relacionadas à segurança e saúde ocupacional (MD SIRAT e MOHAMED SHAHAROUN, 2011, apud CHANDRASEGARAN et al, 2020). Porém, ainda é considerada insuficiente, pois não é concebida de forma estruturada, com requisitos objetivos e prescritivos (CHANDRASEGARAN et al, 2020).

No Brasil, para construção e operação de plataformas, é necessária a observância obrigatória das Normas da Autoridade Marítima (NORMAM), que são as normas da Autoridade Marítima, instituídas pela Diretoria de Portos e Costas da Marinha. Das vinte sete atualmente vigentes, nenhuma aborda os aspectos cognitivos.

Para Segurança e Saúde dos trabalhadores, devem ser obedecidos ainda os requisitos mínimos das Normas Regulamentadoras, publicadas pela Portaria do Ministério do Trabalho MTb nº 3614/1978, que, por isso, tem força de lei. Dentre elas, a NR-17, promulgada em 23 de novembro de 1990 por meio da Portaria nº 3.751, que estabeleceu parâmetros para a adaptação dos postos de trabalho às condições psicofisiológicas dos trabalhadores. Segundo a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO), a referida norma seria voltada prioritariamente à proteção em atividades que envolviam uso de terminais de computadores, mas inovou ao introduzir, pela primeira vez na legislação brasileira, critérios organizacionais na prevenção de agravos à saúde decorrentes de tarefas repetitivas e ao exigir a realização da Análise Ergonômica do Trabalho (AET). Entretanto, os aspectos cognitivos só passaram a ser mencionados a partir da revisão que

²¹ <https://www.dosh.gov.my/>

entrou em vigor em 3 de janeiro de 2022, com a inclusão da informação de que deveriam ser considerados na organização do trabalho (item 17.4), bem como da necessidade de implementação de medidas de prevenção que evitem exigências cognitivas que possam comprometer a segurança e saúde do trabalhador (item 17.4.3). Quanto aos Fatores Humanos, só existe menção, direcionada a aspectos psicossociais, no Anexo I, relacionado aos operadores de *checkout*.

Especificamente para as plataformas, em 11 de maio de 2020 foi aprovada a Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT) n.º 183, que continha o Anexo II da NR-30 (Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário), que falava sobre plataformas e estações de apoio. A Ergonomia é citada apenas em um item relacionado à Sinalização de Segurança (“9.2 Os ambientes, o corpo das máquinas e equipamentos mecânicos em geral devem ser pintados em cores claras, a critério do Operador da Instalação, visando proporcionar maior segurança, melhores condições ergonômicas, facilidade para trabalhos de operação, inspeção e manutenção, e maior eficiência energética e luminosa.”), demonstrando a dificuldade técnica de se tratar sobre o tema. Este Anexo foi substituído, em 21 de dezembro de 2019 pela NR-37 (Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo).

A revisão da NR-37 que entrou em vigor em janeiro de 2022 só menciona os aspectos ergonômicos na organização do trabalho (37.18.5.2 A organização do trabalho deve levar em consideração, no mínimo, os requisitos previstos na NR-17 (Ergonomia).). Mais uma vez não foi dado destaque aos fatores cognitivos, sendo identificado, entretanto, que aspectos psicossociais passaram a constar de itens, como os que falam da necessidade de implementação de medidas para sua mitigação, bem como da sua inclusão em conteúdo programático de treinamentos, entre outros, constando a seguinte definição no seu glossário:

Riscos psicossociais: decorrem de deficiências na concepção, organização e gestão do trabalho, bem como de um contexto social de trabalho problemático, podendo ter efeitos negativos a nível “psicológico, físico e social, como o estresse relacionado ao trabalho, o esgotamento ou a depressão. Exemplos de condições de trabalho que conduzem aos riscos psicossociais: cargas de trabalho excessivas, exigências contraditórias, falta de clareza na definição das funções, ausência de sua participação na tomada de decisões que afetam o trabalhador, descontrole sobre a forma como executa o trabalho, gestão de mudanças organizacionais inadequadas, insegurança laboral, comunicação ineficaz, deficiência de apoio por parte de chefias e colegas, assédio psicológico ou sexual, violência proveniente de terceiros, etc. (NR-37, 2022, p.83)

Após a pesquisa aos regimentos, percebe-se que ainda há necessidade de aprimoramento da normatização, a nível mundial, e especificamente da legislação brasileira,

para enfoque em Ergonomia Cognitiva e Fatores Humanos na indústria *offshore*, para que essas práticas possam ser disseminadas neste ramo laboral.

3.4 A ATUAL ABORDAGEM DE ERGONOMIA COGNITIVA E FATORES HUMANOS PELAS EMPRESAS NAS UNIDADES *OFFSHORE*

Uma outra forma de uma prática ser implementada em um ramo da indústria é a própria iniciativa das empresas, na busca do processo de melhoria contínua. As principais empresas operacionais de óleo e gás já reconhecem a importância da Engenharia de Fatores Humanos e a necessidade de sua integração como um componente do ciclo de vida das unidades *offshore*.

Durante a fase projetual, pode ser utilizado o sistema regulatório existente. No entanto, como normas e leis são, em sua maioria, genéricas, características de uma força de trabalho específica podem não ser refletidas corretamente, e assim levar a outros problemas de segurança e Ergonomia.

Por isso, algumas empresas começaram a desenvolver especificações internas sobre o tema. A Shell e a Petrobras, por exemplo, possuem uma lista de documentos técnicos de referência que cobrem a Engenharia de Fatores Humanos e assuntos relacionados aos *layouts* implementados em seus projetos, baseados nos padrões ASTM. Ou seja, cada vez mais tem-se uma abordagem proativa no gerenciamento de riscos de Fatores Humanos, contemplando as diferentes fases do projeto (desde a conceituação até a conclusão) e levando em consideração os regulamentos de segurança das localidades, as variáveis da força de trabalho envolvidas e as lições aprendidas com os incidentes anteriores. (CHANDRASEGARAN et al, 2020).

O projeto de engenharia é a primeira e mais importante etapa no desenvolvimento de qualquer instalação. E a integração dos Fatores Humanos nesta fase resultará em soluções otimizadas para o atendimento das necessidades dos trabalhadores.

Segundo LEVA et al (2015), a Engenharia de Fatores Humanos tem papel fundamental nas fases de projeto e construção de sistemas sociotécnicos. Um dos pontos cruciais seria a inclusão de ferramentas que possibilitassem que o operador identificasse os desvios no processo e fizesse a correção do problema de forma compatível com a sua severidade e a consequência esperada. A aplicação dos Fatores Humanos nos projetos de

operabilidade e manutenibilidade aprimoraria o suporte para intervenção direta dos operadores quando tarefas, como manutenção ou calibrações, são necessárias e, em consequência, impactaria na sua compreensão da dinâmica do sistema e das implicações de suas ações.

A Engenharia de Fatores Humanos atua como um meio para que Engenheiros de Projeto e Engenheiros de Segurança entendam melhor suas necessidades e, posteriormente, trabalhem para reduzir os riscos durante as fases subsequentes de desenvolvimento das instalações, uma vez que fornece as ferramentas e os processos que levam em consideração as necessidades do usuário, incentivando assim a comunicação ativa entre as partes relacionadas. Logo, a falta desse elemento impactará negativamente as fases subsequentes.

Porém, embora os benefícios e a necessidade da Engenharia de Fatores Humanos já sejam reconhecidos na indústria, um nível de conhecimento adequado e sua implementação ainda precisam ser alcançados de forma consistente, em comparação com outras disciplinas tradicionais. E ainda não se chegou a um consenso sobre o desenvolvimento projetual, possivelmente devido às facetas multidisciplinares e à amplitude do domínio de Fatores Humanos. Porém, o desenvolvimento da questão virá com as tentativas dentro da indústria para obter melhores mecanismos que possam promover a utilização otimizada de recursos e a aplicação coesa da Engenharia de Fatores Humanos no projeto.

Os princípios e métodos de Engenharia de Fatores Humanos são necessários não apenas durante a fase projetual, mas em todo o ciclo de vida das instalações, incluindo a fase de construção e operação.

No que diz respeito à construção (incluindo atividades de comissionamento e *start-up*), o primeiro objetivo seria o de elaborar um projeto que seja mais seguro e, conseqüentemente, mais eficiente para construir. A intenção por trás da aplicação do processo de Engenharia de Fatores Humanos é eliminar, reduzir ou ser informado dos perigos potenciais durante a fase de construção. Isso permite que os perigos sejam mitigados durante a própria fase de *design*, através de planos ou soluções apropriados.

Vários elementos podem não ser tratados durante a fase de projeto de engenharia, como tubulações de pequeno diâmetro, seus suportes e outros acessórios. Portanto, a equipe de construção tem a tarefa de gerenciar os aspectos de Engenharia de Fatores Humanos desses elementos.

Uma etapa importante em um processo ideal é o *feedback* operacional para os projetistas, em direção a ajustes imediatos ou melhores resultados em instalações futuras (PIKAAR, 2007, apud CHANDRASEGARAN et al (2020)). Logo, assim que as instalações estiverem em operação, uma revisão deve ser feita para avaliar seu desempenho de Fatores Humanos, em termos de operabilidade e manutenção.

Além disso, também devem ser discutidos quaisquer problemas aparentes de Fatores Humanos, incluindo acidentes, quase acidentes ou dificuldades de tarefas experimentadas durante a fase operacional. Um *feedback* positivo que pode ser obtido é a redução da taxa de lesões em comparação com instalações semelhantes.

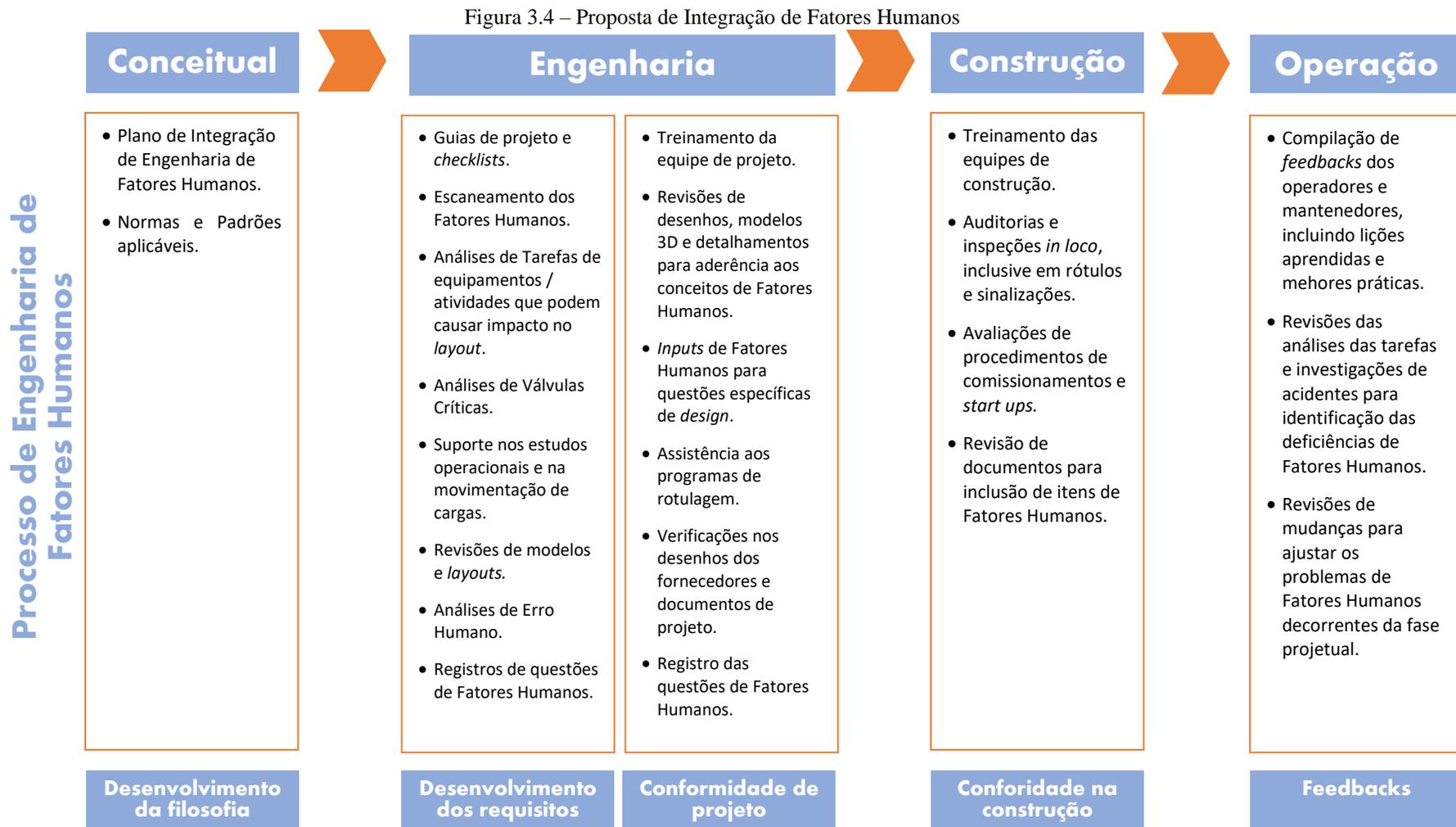
Quanto à fase de descomissionamento, ainda não existe a cultura da consideração dos Fatores Humanos. No entanto, abordagens semelhantes às da construção devem ser seguidas, por consistirem em atividades similares.

Vários autores listaram métodos e ferramentas que estão disponíveis para consideração dos Fatores Humanos em todo o ciclo de vida das instalações *offshore*, desde a fase de conceituação até a fase de descomissionamento. CHANDRASEGARAN et al (2020) propõem um modelo (Figura 3.4) e ações para a efetiva implementação dos Fatores Humanos em projetos de unidades *offshore*:

- Os profissionais de Fatores Humanos devem fazer parte da equipe de engenharia desde o início do projeto, com inclusão de pontos focais de Engenharia de Fatores Humanos nas disciplinas acadêmicas de engenharia.
- Treinamentos também podem auxiliar no aprimoramento da consciência de Fatores Humanos.
- Padrões técnicos e requisitos regulatórios precisam ser traduzidos de uma forma amigável para garantir uma fácil implementação por projetistas e engenheiros, devendo ser mantidos atualizados juntamente com os dados métricos antropométricos
- Registros de questões de Fatores Humanos são essenciais para o gerenciamento de um banco de dados.
- O desenvolvimento de uma especificação de Fatores Humanos do projeto também pode ser necessário.

- O operador da instalação deve continuar a monitorar a integração do sistema, do operador e do mantenedor para garantir operações seguras e eficazes. Essa etapa pode ser realizada por meio de revisão e avaliação das tarefas críticas para a segurança, levantamento dos potenciais de erro associados e implementação das respectivas medidas de prevenção e controle.

CHANDRASEGARAN et al (2020) concluem que uma abordagem simplificada na execução de Engenharia de Fatores Humanos certamente beneficiaria o setor de óleo e gás *offshore*. A sua consideração é, sem dúvida, essencial na gestão dos processos de mudança, ao passo que aprender com os resultados bons e ruins e garantir que essas lições sejam postas em prática também são vitais. Uma estrutura de relatórios e uma cultura de segurança permitirão a investigação eficaz de incidentes, o que, por sua vez, traz uma maior compreensão de como as coisas deram errado ou mesmo como foram gerenciadas com sucesso.



Fonte: Adaptação própria para o Português de imagem de CHANDRASEGARAN et al (2020, p. 10)

3.5 FISCALIZAÇÃO BRASILEIRA SOBRE O TEMA EM PLATAFORMAS

Como base no arcabouço legal e normativo existente, os Órgãos de Estado também podem auxiliar na implantação de novos conceitos, através das fiscalizações e auditorias realizadas.

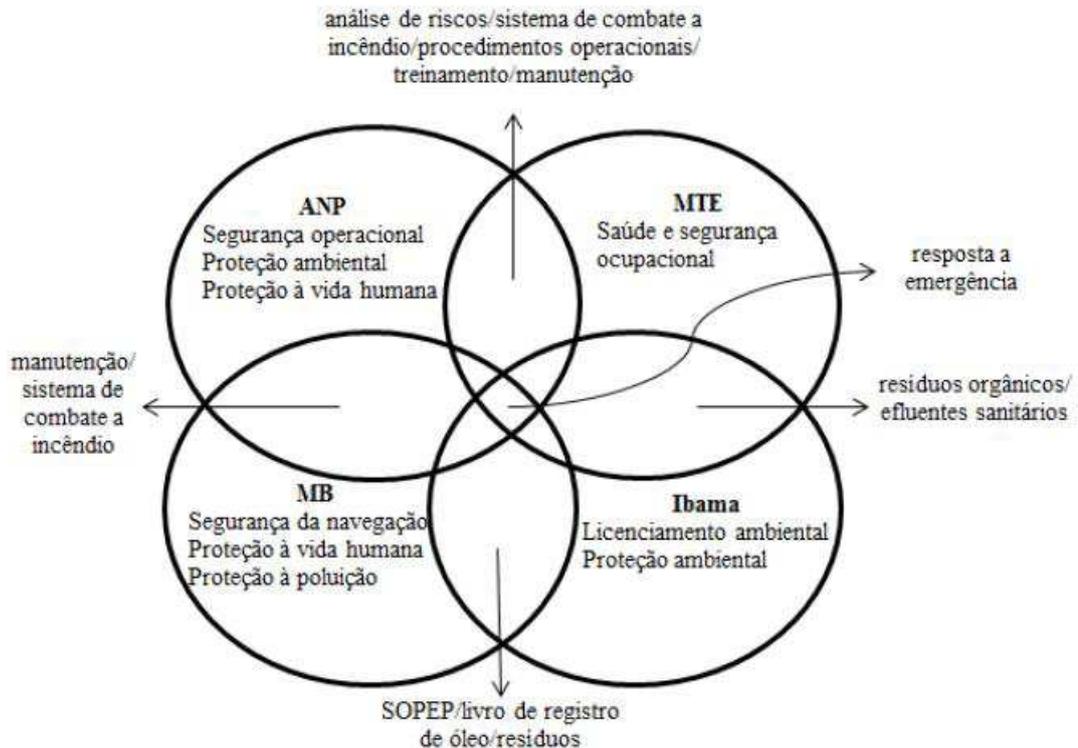
No Brasil, as plataformas de petróleo são fiscalizadas pelos seguintes órgãos:

- _ ANP: fiscaliza a segurança do processo.
- _ Marinha do Brasil (MB): verifica a segurança da embarcação e da navegação.
- _ Ministério do Trabalho e Previdência (MTP): com foco na saúde e na segurança do trabalho.
- _ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA): responsável pela proteção do meio ambiente.
- _ ANVISA: verifica as condições sanitárias das unidades.
- _ CNEN: avalia a segurança no manuseio e armazenamento de fontes e materiais radioativos, como *Naturally Occurring Radioactive Materials* (NORM) e *Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials* (TENORM).

Cada um dos órgãos utiliza legislação e regulamentos próprios como base para sua atuação.

Há itens que são fiscalizados por mais de um órgão, criando áreas de intersecção, que, Segundo ORNELAS (2014) seriam as constantes da Figura 3.5.

Figura 3.5 - Sobreposição de competências fiscalizatórias.



Fonte: ORNELAS,2014, p. 83

Percebe-se que Fatores Humanos não são um ponto de intersecção, pois o único órgão que tem regulação sobre o tema é a ANP, na Prática 4 do seu Sistema de Gestão de Segurança Operacional (SGSO), publicado em 2007 (Resolução ANP nº 43, de 6/12/2007), é composto por 17 Práticas²²:

Quadro 3.2 – Práticas do SGSO da ANP.

Práticas de Gestão relativas à Liderança, Pessoal e Gestão
Prática de Gestão nº 1: Cultura de Segurança, Compromisso e Responsabilidade Gerencial
Prática de Gestão nº 2: Envolvimento do Pessoal
Prática de Gestão nº 3: Qualificação, Treinamento e Desempenho do Pessoal
Prática de Gestão nº 4: Ambiente de Trabalho e Fatores Humanos
Prática de Gestão nº 5: Seleção, Controle e Gerenciamento de Empresas Contratadas
Prática de Gestão nº 6: Monitoramento e Melhoria Contínua do Desempenho
Prática de Gestão nº 7: Auditorias

²² http://www.anp.gov.br/images/Legislacao/Resolucoes/2007/res_anp_43_2007_anexoI.pdf

Práticas de Gestão relativas à Liderança, Pessoal e Gestão
Prática de Gestão nº 8: Gestão da Informação e da Documentação
Prática de Gestão nº 9: Investigação de Incidentes
Práticas de Gestão relativas a Instalações e Tecnologia
Prática de Gestão nº 10: Projeto, Construção, Instalação e Desativação
Prática de Gestão nº 11: Elementos Críticos de Segurança Operacional
Prática de Gestão nº 12: Identificação e Análise de Riscos
Prática de Gestão nº 13: Integridade Mecânica
Prática de Gestão nº 14: Planejamento e Gerenciamento de Grandes Emergências
Práticas de Gestão relativas a Práticas Operacionais
Prática de Gestão nº 15: Procedimentos Operacionais
Prática de Gestão nº 16: Gerenciamento de Mudanças
Prática de Gestão nº 16: Práticas de Trabalho Seguro e Procedimentos de Controle em Atividades Especiais

Fonte: Elaboração própria.

Mesmo havendo uma Prática específica sobre o tema, sua descrição ainda é muito simples:

4. 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
 - 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. (SGSO, 2007, p.10)

Os Fatores Humanos são ainda mencionados em outras Práticas, como na de número 10, ao determinar que o Operador da Instalação deverá levar em consideração os Fatores Humanos na fase de projeto da Instalação e em suas revisões subsequentes nas fases de projeto, construção, instalação e desativação, e na Prática 12, ao mencionar que a metodologia para identificação e análise de riscos deve considerar *layout*, Fatores Humanos e causas externas, conforme aplicável.

Desde 2018, as Práticas estão em processo de revisão, ainda não tendo sido publicada a atualização do SGSO.

Segundo o site da ANP²³, durante o processo de revisão iniciado em 2018, das 813 contribuições públicas feitas no mês de abril e maio, apenas 1% foi em relação à Prática 4, demonstrando ser um item ainda de pouco interesse social. Posteriormente, em julho de 2018 foi realizado *workshop* na Associação Brasileira de Risco (ABRISCO), quando foram feitas sugestões em relação a Fatores Humanos. Percebe-se que a preocupação ainda está em tornar o assunto mais objetivo, pois a subjetividade dificulta tanto a sua aplicação quanto à fiscalização.

No workshop SOMA da ANP de outubro de 2018 o tema da revisão do SGSO estava em pauta. Durante o evento, foi feita uma análise crítica do SGSO, identificando como um dos pontos de melhoria a abordagem dos Fatores Humanos (Figura 3.6). Inclusive, foi utilizado um esquema da ferramenta *Bowtie* para demonstrar que barreiras humanas deveriam ser associadas ao sistema de gestão (Figura 3.7). Também foi reforçada a necessidade de se tornar o tema mais objetivo.

Porém, até julho de 2023 o SGSO revisado não foi publicado, ou seja, o único órgão fiscalizador brasileiro que aborda de forma mais consistente a questão dos Fatores Humanos nas plataformas, ainda o faz de forma subjetiva e embrionária, sendo necessário o seu aprimoramento.

Figura 3.6 - Pontos de melhoria na gestão de segurança *offshore*.

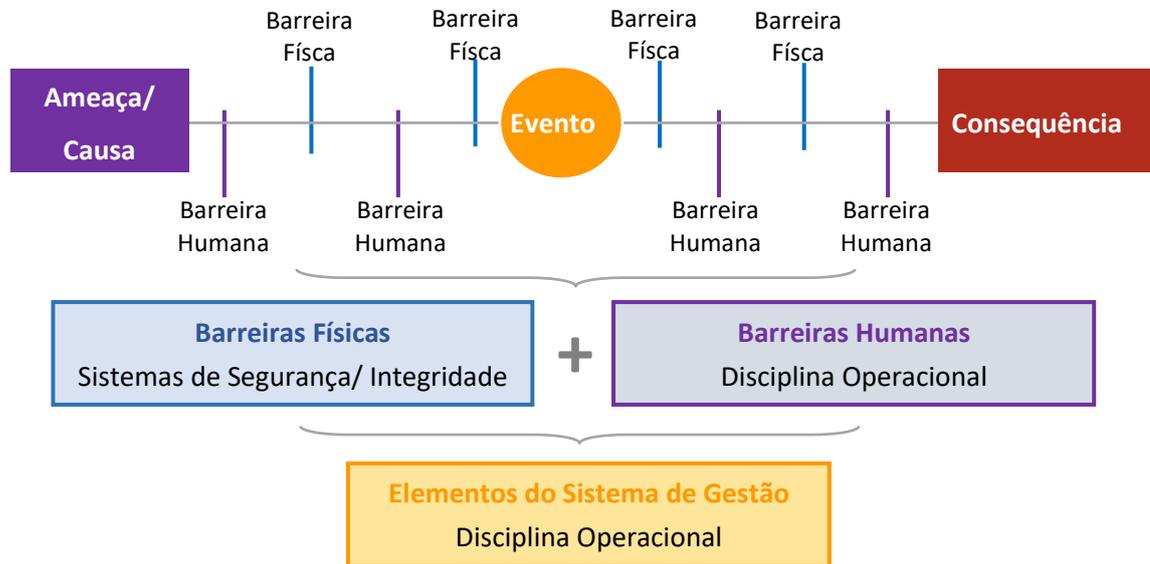


Fonte: SOMA 2018 - Revisão Res. 43/07 - Análise crítica, 2018, p. 8

²³<http://www.anp.gov.br/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/resolucoes-notificacoes-procedimentos-e-orientacoes/gerenciamento-de-seguranca-operacional-sgso>

Figura 3.6 - Esquema *Bowtie* para demonstrar a necessidade da associação de barreiras humanas no sistema, como forma de aprimorar o sistema.

Como evoluir nos assuntos relacionados a Fatores Humanos?



Fonte: Adaptação própria para a língua portuguesa de imagem do SOMA 2018 - Revisão Res. 43/07, 2018, p. 9

3.2.1 A Ouro Negro

O PROJETO OURO NEGRO foi um acordo celebrado entre Ministério Público do Trabalho (MPT), Comando da Marinha do Brasil – Diretoria de Portos e Costas (DPC), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e atual Ministério do Trabalho e Previdência (MTP).

Uma de suas ações é a realização de inspeções conjuntas em unidades petrolíferas. Cada órgão, dentro de sua atribuição, realiza a inspeção, trocando experiências com os parceiros e discutindo os temas comuns. Desde 2011 (primeira operação), foram feitas mais de trinta diligências em plataformas, atingindo milhares de trabalhadores.

Após a Fiscalização, cada órgão continua dentro da sua linha de atuação. Havendo temas cuja solução é mais complexa, o MPT é acionado, o que pode acarretar atos com viés de negociação, como Recomendações e Termos de Ajustamento de Conduta, ou mesmo culminar em Ações Civas Públicas, endereçadas aos órgãos ou às empresas concessionárias.

4 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA *BOWTIE* COGNITIVA

4.1. REVISÃO DA LITERATURA

4.1.1 Caracterização Da Pesquisa Metodológica

O homem é um animal curioso e inteligente, que tem necessidade de explorar seu ambiente, resolver problemas, explicar fenômenos. Ele tem uma sede de saber, de compreender o universo e a si próprio. E ciência é uma forma de conhecer o mundo, de tentar saber cada vez mais, de desvendar os mistérios da Natureza. (GEWANDSZNADJER, 1989, p.3)

Segundo DEJOURS (1999), ciências fundamentais são destinadas à produção de conhecimento, sem que isto esteja associado a uma utilidade. Seria a simples produção do saber. Subordinada à ciência fundamental estaria a ciência aplicada, que produziria conhecimento visando a execução, transformação ou melhora de uma situação.

GIL (2002, apud SANTOS, 2018) confirma que diversas razões determinam a realização de uma pesquisa, podendo todas serem subdivididas em apenas dois grandes grupos: as de ordem intelectual e práticas. As primeiras buscariam o desejo de conhecer e as outras almejam que o conhecimento seja aplicado de maneira eficiente ou eficaz. Dentro deste contexto, considera-se esta pesquisa como ciência aplicada, com intenção prática de desenvolvimento de ferramenta para abordagem cognitiva e de Fatores Humanos dentro da realização das tarefas no meio ambiente *offshore*.

É ponto pacífico que para qualquer tipo de ciência há necessidade de um método, uma forma a ser seguida na produção do conhecimento científico, que não é estático ou imutável. Pelo contrário, para se manter precisa estar sempre sendo aperfeiçoado, questionado, buscando uma maneira melhor de se explicar os fatos.

Desta forma, GEWANDSZNADJER conclui que:

a ciência progride, formulando teorias cada vez mais amplas e profundas, capazes de explicar uma maior variedade de fenômenos. Entretanto, mesmo as teorias mais recentes devem ser encaradas como explicações apenas parciais e hipotéticas da realidade. (GEWANDSZNADJER, 1989, p.11)

Diz ainda que:

a objetividade da ciência não repousa na imparcialidade de cada indivíduo, mas na disposição de formular e publicar hipóteses para serem submetidas a críticas por parte de outros cientistas; na disposição de formulá-las de forma que possam ser testadas experimentalmente; na exigência de que a experiência seja controlada e de

que outros cientistas possam repetir os testes, se isto for necessário.
(GEWANDSZNADJER, 1989, p.19)

Por isso, a definição do método aplicado é de fundamental importância.

Dentro deste contexto, ECO (1995), determina os seguintes passos:

1. Identificar o tema que se quer abordar;
2. Recolher documentação sobre ele;
3. Ordenar a documentação encontrada;
4. Reexaminar o tema à luz da documentação recolhida;
5. Organizar todas as reflexões precedentes;
6. Escrever de forma que o leitor entenda a mensagem e seja capaz de recorrer à mesma documentação, se desejar retomar o tema por conta própria.

Para que estes passos fossem almeçados, foram utilizadas as formas de classificação de pesquisas elaboradas por SILVA e MENEZES (2005, apud SANTOS, 2018):

Sob ponto de vista da abordagem, uma pesquisa pode ser quantitativa ou qualitativa. É qualitativa quando se baseia em julgamentos subjetivos de especialistas e quantitativa ao traduzir determinada questão em dados numéricos. Este trabalho pode ser considerado como qualitativo, pois não se pretende chegar, neste momento, em uma ferramenta que quantifique as possibilidades de erro associadas a fatores cognitivos e humanos identificados na análise da tarefa.

Quanto aos objetivos, as pesquisas se subdividem em exploratórias, descritivas e *explicativas*. Neste contexto, entende-se ser uma pesquisa exploratória-explicativa, pois tem como objetivo a busca de maior familiaridade com o tema para que se possa aplicar na ferramenta *Bowtie*.

Em relação aos procedimentos técnicos se classificam em bibliográfica, documental, experimental, “ex-post-facto” (experimento controlado depois da ocorrência de um fato específico), levantamento, estudo de caso e pesquisa-ação. Esta dissertação assume o caráter bibliográfico e de estudo de caso. O primeiro, pois, a base foi a consulta de literatura sobre o tema em livros, artigos, periódicos, monografias, dissertações, teses, normas e *internet*. Uma vez encontradas as referências, foram feitas leituras exploratórias, seletivas e analíticas, estas

sim contemplando o que efetivamente contribuiria com a pesquisa em andamento. Considera-se também um estudo de caso a partir do momento que condensa todo o saber adquirido para uma análise específica, que se pretende aprimorar na possibilidade de continuidade deste estudo.

Em resumo, temos a seguinte classificação:

Quanto à natureza	Aplicada
Quanto à forma de abordagem do problema	Qualitativa
Quanto ao seu objetivo	Exploratória e Explicativa
Quanto ao seu procedimento técnico	Pesquisa Bibliográfica com proposta de Estudo de Caso

4.1.2 Pesquisa nas Bases de Dados

A metodologia adotada na busca de publicações que subsidiaram a pesquisa do referencial teórico seguiu as seguintes etapas:

- a) Verificação do que se tem pesquisado sobre o assunto nos últimos anos;
- b) Seleção de palavras-chave e das bases de dados para a pesquisa;
- c) Busca das publicações;
- d) Análise dos resumos dos documentos;
- e) Seleção das publicações de interesse;
- f) Análise detalhada das publicações selecionadas;
- g) Definição dos que podem ser relevantes para o estudo.

A pesquisa foi realizada em *papers*, artigos e periódicos e depois estendida à busca de monografias, dissertações e teses.

4.1.1.1 Descrição das etapas da pesquisa nas bases de dados

A primeira etapa foi a busca, dentro da base de dados “Periódicos Capes”, de artigos relacionados a “Ergonomia Cognitiva” ou “Fatores Humanos” nos últimos dez anos. Posteriormente foi realizada a mesma pesquisa com artigos contendo como tema a ferramenta

de Análise de Segurança “*Bowtie*”, sendo encontrados os seguintes resultados na última consulta, realizada em 27/5/2021. Uma última pesquisa de atualização foi realizada em 31/7/2022 (Quadro 4.1):

Quadro 4.1 – Pesquisa na base de dados Periódicos Capes

Base Periódico Capes	“<i>Cognitive Ergonomics</i>”	“<i>Human Factors</i>”	“<i>Bowtie</i>”
2011 a maio de 2021 (10 anos)	696 (100%)	49.107 (100%)	17.886 (100%)
2016 a maio de 2021 (5 anos)	341 (49%)	26.924 (54,83%)	11.849 (66,24%)
2019 a maio de 2021 (2 anos)	253 (36,36%)	19274 (39,25%)	8204 (45,97%)
abril de 2021 a julho de 2022	11	1.482	44

Fonte: Elaboração própria

Observando os resultados é possível perceber que o tema “Ergonomia Cognitiva” ainda não é explorado com expressividade na Comunidade Acadêmica. Já “Fatores Humanos” e “Bowtie” foram objeto de um número considerável de pesquisas, com tendência de crescimento, uma vez que a maioria das publicações ocorreu nos últimos anos. No caso de “Bowtie” a tendência é ainda mais expressiva, pois 66% dos artigos encontrados foram emitidos a partir de 2016. Acredita-se que esse crescimento se deva às diversas possibilidades de adaptação e desenvolvimento que esta ferramenta possui. Acredita-se que a baixa produção do período de 2021 a 2022 seja reflexo da Pandemia do SARS-CoV-2.

Partiu-se, então, para a escolha das combinações de palavras que possibilitariam um melhor panorama sobre o tema que se queria tratar.

Após várias combinações, foram escolhidas as seguintes pesquisas nas bases de dados:

- ✓ “*Cognitive Ergonomics*” and “*Complex Systems*”
- ✓ “*Cognitive Ergonomics*” and “*Offshore*”
- ✓ “*Human Factors*” and “*Offshore*”
- ✓ “*Human Factors*” and “*Bowtie*”
- ✓ “*Cognitive Ergonomics*” and “*Bowtie*”

As buscas foram feitas para que se pudesse ter uma visão do que tem sido estudado em Ergonomia Cognitiva em Sistemas Complexos em geral, já que existem poucas pesquisas sobre o tema na indústria de óleo e gás. E, aproximando o foco de estudo, o que se tem pesquisado em relação a Ergonomia Cognitiva e Fatores Humanos em ambientes *offshore*. Como o objeto de estudo é a adaptação da ferramenta *Bowtie*, foram estudadas as pesquisas já existentes entre “Ergonomia Cognitiva e *Bowtie*” e “Fatores Humanos e *Bowtie*”.

Foram utilizados termos em inglês por ser esta a língua-comum nos artigos existentes em publicações de referência, considerando os últimos sete anos como janela temporal (pesquisas publicadas desde 2015). Destaca-se que foram acrescentados dois anos à pesquisa quinquenal devido ao atraso causado pela Pandemia do SARS-CoV-2.

O resultado da pesquisa inicial, em linhas gerais, encontra-se no quadro a seguir:

Quadro 4.2– Palavras-chave pesquisadas

BASE DE PESQUISA	PALAVRAS-CHAVE PESQUISADAS				
	“Cognitive Ergonomics” and “Complex Systems”	“Cognitive Ergonomics” and “Offshore”	“Human Factors” and “Offshore”	“Cognitive Ergonomics” and “Bowtie”	“Human Factors” and “Bowtie”
<i>Science Direct</i>	4	4	106	0	23
<i>Ebsco Host (Academic Search Premier)</i>	6	0	37	0	2
<i>Periódicos Capes</i>	34	9	523	0	26
TOTAL	44	13	666	0	51

Fonte: Elaboração própria. Última consulta em 31/7/2022.

Importante destacar que não foi encontrada nenhuma publicação na pesquisa “Cognitive Ergonomics” e “Bowtie”.

Encontradas as publicações, foi feita uma primeira triagem, em busca de trabalhos que tivessem alguma relação com o objetivo desta dissertação e retirando outros que falavam de indústrias com características diferentes, ou os que descreviam pesquisas de *software*, por exemplo. O quadro a seguir demonstra o total de publicações selecionadas para leitura detalhada:

Quadro 4.3 – Publicações selecionadas – 1ª seleção

PALAVRAS-CHAVE PESQUISADAS								
BASE DE PESQUISA	“Cognitive Ergonomics” and “Complex Systems”		“Cognitive Ergonomics” and “Offshore”		“Human Factors” and “Offshore”		“Human Factors” and “Bowtie”	
	TOTAL	1ª TRIAGEM	TOTAL	1ª TRIAGEM	TOTAL	1ª TRIAGEM	TOTAL	1ª TRIAGEM
Science Direct	4	0	4	0	106	10	23	7
Ebsco Host (Academic Search Premier)	6	4	0	1	37	13	2	1
Periódicos Capes	34	6	9	1	523	15	26	7
TOTAL	44	10	13	2	666	38	51	15

Fonte: Elaboração própria.

Identificados os artigos com alguma relação, partiu-se para a leitura detalhada, com o objetivo de encontrar trabalhos que desenvolvessem os assuntos em estudo (Ergonomia Cognitiva, Fatores Humanos, ferramenta *Bowtie*, Fiscalização, Indústria *Offshore*) ou que já tivessem integrado Ergonomia Cognitiva e/ou Fatores Humanos em ferramentas de gerenciamento de riscos. O Quadro 4.4 demonstra a seleção final:

Quadro 4.4 – Publicações selecionadas – seleção final

PALAVRAS-CHAVE PESQUISADAS				
BASE DE PESQUISA	“Cognitive Ergonomics” and “Complex Systems”	“Cognitive Ergonomics” and “Offshore”	“Human Factors” and “Offshore”	“Human Factors” and “Bowtie”
Science Direct	0	0	3	3
Ebsco Host (Academic Search Premier)	2	0	4	1
Periódicos Capes	1	0	7	6
TOTAL	3	0	14	10

Fonte: Elaboração própria.

Algumas pesquisas apareceram em mais de uma fonte e/ou em mais de um jogo de palavras pesquisados, resultando em 16 artigos para análise mais detalhada do seu conteúdo.

4.1.1.2 Levantamento de Teses, Dissertações e Monografias

A pesquisa de teses, dissertações e monografias foi feita com as mesmas palavras-chave. O banco de dados utilizado foi o “Google Acadêmico” e o idioma dos trabalhos, o português.

Inicialmente foi considerado o período de cinco anos (pesquisas publicadas de 2016 até maio de 2021). Porém, como só foram encontrados três trabalhos, optou-se por estender o período para as publicações dos últimos dez anos (de 2011 até maio de 2021). Uma última pesquisa de atualização foi feita em julho de 2022, sendo encontrado o seguinte:

Quadro 4.5 – Pesquisa de Monografias, Dissertações e Teses

PALAVRAS-CHAVE PESQUISADAS										
BASE DE PESQUISA	"Ergonomia Cognitiva" e "Sistemas Complexos"		"Ergonomia Cognitiva" e "Offshore"		"Fatores Humanos" e "Offshore"		"Ergonomia Cognitiva" e "Bowtie"		"Fatores Humanos" e "Bowtie"	
	TOTAL	TRIAGEM	TOTAL	TRIAGEM	TOTAL	TRIAGEM	TOTAL	TRIAGEM	TOTAL	TRIAGEM
Google Acadêmico	152	2	36	3	388	4	1	0	21	0

Fonte: Elaboração própria. Última consulta em 31/7/2022.

Após a retirada dos trabalhos que foram encontrados em mais de uma pesquisa de palavras-chave, chegou-se ao resultado de sete publicações, sendo uma monografia, cinco dissertações e uma tese.

A pesquisa confirma a considerável carência de estudos relacionados ao tema na Comunidade Acadêmica Brasileira, notadamente em relação à Ergonomia Cognitiva. Destaca-se que não foi identificado nenhum estudo que conciliasse a ferramenta *Bowtie* com Fatores Humanos ou com Ergonomia Cognitiva.

4.1.1.3 Motivação da escolha na seleção final

Os motivos das escolhas de cada um dos trabalhos seguem nos quadros 4.6 e 4.7:

Quadro 4.6 – Artigos analisados

Item	Título do Artigo	Ano	Autores	Temas de Destaque	Publicação	Motivação da escolha
1	<i>Methods and models in process safety and risk management: Past, present and future</i>	2015	Faisal Khan, Samith Rathnayaka e Salim Ahmed	Segurança de processo, avaliação de riscos, modelos de acidentes e gerenciamento de segurança	<i>Process Safety and Environmental Protection</i>	Estudo de métodos e modelos de segurança e avaliação de risco, demonstrando sua evolução e tendências. Os métodos/ modelos foram analisados por categorias: quantitativos, qualitativos e híbridos, se encaixando, neste último a ferramenta <i>Bowtie</i> . Este artigo contribuiu na definição de sistemas sociotécnico complexos e na descrição da <i>Bowtie</i> .
2	<i>Process safety indicators, a review of literature</i>	2015	Paul Swuste, Jos Theunissen, Peter Schmitz, Genserik Reniers e Peter Blokland	Indicadores de segurança de processo, segurança ocupacional segurança do processo	<i>Journal of Loss Prevention in the Process Industries</i>	Contextualiza a <i>Bowtie Analysis</i> (BTA) no gerenciamento de riscos após a década de 70, quando os fatores causadores de acidentes passaram a ser subdivididos em três categorias: técnica; organizacional e Fatores Humanos. Contribuiu como referência para estruturação de uma <i>Bowtie</i> associada a Fatores Humanos e cognitivos.
3	<i>HTO – A complementary ergonomics approach</i>	2016	Anette Karlton, Johan Karlton, Martina Berglund e Jørgen Eklund c	Homem x tecnologia x organização, interação e atividade	<i>Applied Ergonomics</i>	Foi escolhido devido à ideia de interação homem x tecnologia; a mesma que se quer abordar nesta pesquisa. Contribuiu como referência para estruturação de uma <i>Bowtie</i> associada a Fatores Humanos e cognitivos.
4	<i>Human factors in barrier management: hard truths and challenges</i>	2017	Ronald W. McLeod	Fatores Humanos, análise <i>Bowtie</i> , gerenciamento de barreiras, Fatores Humanos e organizacionais e engenharia de Fatores Humanos	<i>Process Safety and Environmental Protection</i>	A integração dos Fatores Humanos dentro do contexto de barreiras da <i>Bowtie</i> motivou a escolha desta pesquisa, sendo este arquivo fundamental na construção da <i>Bowtie</i> Cognitiva
5	<i>Risk influence frameworks for activity-related risk analysis during operation: A literature review</i>	2017	Xue Yang, Stein Haugen, Yuandan Li	Análise de risco relacionado à atividade, decisões de planejamento operacional, risco de consequência de atividade, risco de desempenho de atividade, risco de período	<i>Safety Science</i>	O artigo foi escolhido como referência de utilização de ferramenta de gestão de riscos na análise de uma atividade. Foi referência para que se definisse a <i>Bowtie</i> em uma atividade: a operação de guindastes.
6	<i>The Application of Bow-Tie Method in Hydrogen Sulfide Risk Management Using Layer of Protection Analysis (LOPA)</i>	2017	Mohammad Yazdi	Modelo <i>Bowtie</i> , Lopa, confiabilidade, avaliação de risco	<i>Journal of Failure Analysis and Prevention</i>	Foi escolhido pois discorre sobre a integração de Fatores Humanos na análise de risco no local de trabalho com o uso de <i>Bowtie</i> . Este artigo contribuiu na na descrição da <i>Bowtie</i>

Item	Título do Artigo	Ano	Autores	Temas de Destaque	Publicação	Motivação da escolha
7	<i>Human Error Probability Assessment During Maintenance Activities of Marine Systems</i>	2017	Rabiul Islam, Faisal Khan, Rouzbeh Abbassi e Vikram Garaniya	Fatores Humanos e probabilidade de erro humano	<i>Safety and Health at Work</i>	A motivação para escolha deste artigo foi a pesquisa sobre os fatores que potencializariam a possibilidade de erro humano. Auxiliou tanto na definição do conceito de Fatores Humanos quanto na pesquisa de normas associadas ao tema.
8	<i>A task-based taxonomy of erroneous human behavior</i>	2017	Matthew L. Bolton	Erro Humano, análise da tarefa, sistemas de segurança.	<i>International Journal of Human-Computer Studies</i>	Desenvolve taxonomia que classifica o comportamento humano errôneo tendo como base onde e como ele se desvia de uma tarefa humana normativa, permitindo aos engenheiros e analistas a contextualização do comportamento errôneo. O trabalho foi selecionado pois a taxonomia desenvolvida auxiliou na construção das definições utilizadas na <i>Bowtie Cognitiva</i> .
9	<i>Failure to learn from safety incidents: Status, challenges and opportunities</i>	2017	Eric Stemn, Carmel Bofinge, David Clif e Maureen E. Hassall	Aprendizado, análise <i>Bowtie</i>	<i>Safety Science</i>	Devido ao conteúdo relacionado à ferramenta <i>Bowtie</i> identificado na pesquisa, optou-se por selecionar este artigo, sendo seus conceitos utilizados nas definições da <i>Bowtie</i> .
10	<i>Cognitive Bowties: a new approach to analyzing human factors in process control</i>	2017	Mark F. St. John	<i>Bowtie</i> cognitiva, Fatores Humanos	<i>Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society</i>	Apresenta a ferramenta <i>Bowtie</i> , já de uso comum em segurança de processo, com uma abordagem cognitiva, similar ao que se pretendia abordar neste estudo. Foi a referência para a escolha das ações do ciclo de decisão como barreiras da <i>Bowtie Cognitiva</i> .
11	<i>User and design requirements and production of evidence: using incident analysis data to (1) inform user scenarios and bow ties, and (2) generate user and design requirements</i>	2018	Joan Cahill, Una Geary, Ewan Douglas, Simon Wilson, Michael Ferreira e Brian Gilbert	<i>Bowties</i> , Análise de Dados, <i>Design</i> baseado em evidências; Segurança de voo; Colisões no solo; Análise de incidentes; <i>Design</i> baseado em cenários.	Cognition, Technology & Work	O artigo foi escolhido por também considerar os Fatores Humanos dentro do contexto da BTA, sendo utilizado como referência na definição dos conceitos de Fatores Humanos.
12	<i>Bowtie Analysis as a prospective risk assessment technique in primary healthcare</i>	2018	Ronald W. McLeod e Paul Bowie	Análise <i>Bowtie</i> , e atenção primária à saúde	<i>Policy and Practice in Health and Safety</i> ISSN:	Foi selecionado pois propõe a associação da BTA a outros métodos, como o <i>Systems-Theoretic Accident Model and Processes</i> (STAMP) ou o <i>Functional Resonance Analysis Method</i> (FRAM), sendo seus conceitos utilizados nas definições da <i>Bowtie</i> .

Item	Título do Artigo	Ano	Autores	Temas de Destaque	Publicação	Motivação da escolha
13	<i>Lessons learned from applying a new HRA method for the petroleum industry</i>	2018	Claire Taylor, Sondre Øie e Kristian Gould	Análise de Confiabilidade Humana, Petróleo e lições aprendidas	<i>Reliability Engineering and System Safety</i>	Por se tratar de um estudo que avalia os Fatores Humanos dentro do contexto da indústria <i>offshore</i> , foi selecionado, tendo contribuído nas definições dos conceitos de Fatores Humanos.
14	<i>Addressing human error when collecting failure cause information in the oil and gas industry: A review of ISO 14224:2016</i>	2019	Jon T. Selvik e Linda J. Bellamy	Normatização, confiabilidade, Erro Humano, bases de dados	<i>Reliability Engineering and System Safety</i>	A motivação da escolha deste artigo foi associação de uma norma que aborda o erro humano dentro do universo da indústria <i>offshore</i> . O artigo foi utilizado na pesquisa de normas existentes sobre o tema.
15	<i>Human factors engineering integration in the offshore O&G industry: A review of current state of practice</i>	2020	D. Chandrasegaran, R.A.R. Ghazilla e Karl Rich	<i>Offshore</i> , Engenharia de Fatores Humanos, Ergonomia	<i>Safety Science</i>	Fornecer um panorama de como a Engenharia de Fatores Humanos está sendo implementada na indústria <i>offshore</i> do planeta. Foi de fundamental importância na pesquisa de normas e leis sobre o tema, notadamente no exterior.
16	<i>Safety barriers: Research advances and new thoughts on theory, engineering and management</i>	2020	Liu, Yiliu	Engenharia de barreira; Gerenciamento de barreiras; Teoria da barreira; Barreira de segurança; Sistema automatizado de segurança	<i>Journal of Loss Prevention in the Process Industries</i>	Faz uma revisão da literatura da última década sobre as barreiras de segurança, descrevendo os principais tipos e foi escolhida para ser utilizada neste trabalho por englobar as barreiras relacionadas a Fatores Humanos, sendo seus conceitos utilizados nas definições da <i>Bowtie</i> .

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 4.7 – Monografias, Dissertações e Teses analisadas

Item	Título do Artigo	Ano	Autores	Afiliação	Temas de Destaque	Motivação da escolha
1	Diagnóstico rápido em ergonomia: aplicação em plataformas <i>offshore</i> na Bacia de Campos	2014	Patricia Gomes Ferreira da Costa	COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro	Ergonomia, <i>offshore</i> , Segurança e confiabilidade	A dissertação avalia a contribuição dos relatórios ergonômicos para a melhoria das condições de trabalho e da confiabilidade operacional no

Item	Título do Artigo	Ano	Autores	Afiliação	Temas de Destaque	Motivação da escolha
					operacionais	meio ambiente <i>offshore</i> , sendo, portanto, de grande valia para contextualizar o objetivo que se pretende com a pesquisa que está sendo realizada. Auxiliou tanto na construção das definições de Fatores Humanos como na elaboração da Bowtie Cognitiva.
2	Aperfeiçoamento do Processo de Fiscalização com foco em Segurança e Meio Ambiente das Unidades de Produção <i>Offshore</i> no Brasil	2014	Danielle Lanchares Ornelas	COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro	Fiscalização, Regulação, Segurança, Meio Ambiente, Plataformas de Petróleo	Avalia todo o processo de fiscalização de segurança e meio ambiente na indústria <i>offshore</i> brasileira e foi selecionada para que sirva como modelo de comparação entre o estudado e a realidade vivenciada, auxiliando na contextualização desta Dissertação, notadamente na parte relacionada à Fiscalização.
3	Análise da atividade cognitiva do operador de sala de controle da produção de petróleo <i>on-shore</i> : uma abordagem da ergonomia para atividade	2015	Ana Dirce Cornetti Reis	Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Ergonomia Cognitiva, Segurança, Cognição, Comunicação, Sala de Controle, Petróleo	A motivação da escolha desta Dissertação é a existência de aprofundado estudo sobre Ergonomia Cognitiva na indústria do petróleo, tendo auxiliado tanto nas definições de Ergonomia Cognitiva como de sistemas sociotécnicos complexos.
4	Metodologia Para Quantificação de Erros Humanos na Indústria de Processos	2015	Bibiano Winter Afonso	Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro	Erros operacionais, avaliação de confiabilidade, confiabilidade humana	A pesquisa foi escolhida porque associa ferramentas tradicionais de segurança de processos com outras relacionadas ao erro humano, ideia similar à que se pretende com esta dissertação, tendo sido utilizada como

Item	Título do Artigo	Ano	Autores	Afiliação	Temas de Destaque	Motivação da escolha
						referência nos estudos para construção da <i>Bowtie</i> cognitiva.
5	Análise do <i>Deepwater Horizon Blowout</i> : Aplicação dos Métodos <i>FRAM</i> e <i>STAMP</i>	2016	Rogério Ferreira Pereira	Escola Politécnica & Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro	<i>Blowout</i> , <i>FRAM</i> , <i>STAMP</i> , Petróleo	A dissertação foi selecionada devido à abordagem diferenciada na análise do acidente ocorrido em 2010 na plataforma <i>Deepwater Horizon</i> , enfocando o Fator Humano e auxiliou na construção das definições de sistemas sociotécnicos complexos
6	Análise da confiabilidade do sistema de compressão de CO ₂ numa planta petroquímica considerando os fatores técnico-operacionais e humanos	2018	José Filipe Michel Gagliano Ferreira	Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia	Análise de falhas, sistemas complexos, confiabilidade	Por ter abordado os aspectos humanos dentro de uma indústria petroquímica, o estudo foi escolhido como referência para esta Dissertação. Auxiliou na construção das definições de sistemas sociotécnicos complexos
7	Proposta de um Método Neuroergonômico para Melhoria de Postos de Trabalho	2018	Bianca Monteiro Mota e Thiago Machado Leitão	Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro	Análise do trabalho, Neuroergonomia. <i>Ergonomia Cognitiva</i> .	Por estudar a abordagem cognitiva, a monografia foi selecionada como referência. Auxiliou tanto nos conceitos de Ergonomia Cognitiva como de Fatores Humanos.

Fonte: Elaboração própria.

Percebeu-se, através de leitura de estudiosos de todo o mundo, que os temas Ergonomia Cognitiva e Fatores Humanos ainda estão em estágios iniciais de desenvolvimento em todos os aspectos. Por isso, optou-se por entender a ferramenta *BowTie Analysis* e sua evolução na Gestão de Segurança, para propor uma alternativa simples e de fácil execução, que possa contribuir para a disseminação do conceito de Ergonomia e Fatores Humanos na indústria de óleo e gás *offshore*.

4.2. A FERRAMENTA *BOWTIE*

A *Bowtie Analysis* (BTA) foi desenvolvida pela combinação dos métodos de análise “árvores de falhas” e “árvores de eventos”, no início da década de 70. Consiste em elementos, como perigo, eventos indesejados, ameaças, consequências e controles (preventivos e mitigatórios), organizados em formato de gravata-borboleta. E tem sido extensivamente utilizada em sistemas-críticos, como indústrias químicas, petroquímicas e de mineração. Autores como CHEVREAU et al (2006, apud STEMN et al, 2017) acreditam que a técnica também pode ser utilizada como ferramenta eficaz na comunicação de questões de segurança.

YAZDI (2017) informa que a origem exata do método *Bowtie* não é completamente clara. Alguns relatos indicam que foi criada a partir do desenvolvimento dos diagramas de causa-efeito. Outros dizem que David Gill, da *Imperial Chemical Industries PLC* (ICI), desenvolveu a técnica, que passou a ter a denominação “Bowtie” no final dos anos 1970.

No início da década de 1990, o uso da técnica avançou substancialmente, após o acidente na plataforma *Piper-Alpha*, da *Royal Dutch/ Shell*, que passou a adotar a ferramenta em suas atividades comerciais. A sua abordagem é mais comum na análise de riscos relacionados à segurança quando é impossível ou difícil quantificar o risco, sendo, atualmente, amplamente utilizada em diferentes tipos de indústrias para melhorar o desempenho de segurança.

Segundo KHAN et al (2015), para melhor representar a relação de consequência causal de um cenário de acidente específico, se usa o modelo *Bowtie*, que possui este nome pois o diagrama se assemelha à forma de uma gravata borboleta. O modelo é desenvolvido ao conectar a árvore de falhas (ou os modelos de árvore de eventos) ao evento crítico. Trata-se de método emergente que já está sendo usado na maioria das indústrias de processos químicos.

SCHMITZ et al (2015) relatam que os itens que podem ocasionar acidentes se dividiram em três categorias, no final dos anos 70: técnicos; organizacionais e Fatores Humanos, sendo desenvolvidas várias técnicas para o gerenciamento dos riscos. Uma delas é a BTA, que ilustra as relações entre barreiras e fatores de gerenciamento. No centro do esquema existe um perigo, que, se não controlado, se torna um evento, com consequências.

Fatores que gerenciam qualidade das barreiras devem garantir que sua eficácia não seja prejudicada com o passar do tempo. Caso o perigo se torne incontrolável e desencadeie o evento central, as consequências irão ocorrer rapidamente. Ou seja, a parte esquerda do esquema *Bowtie* pode levar dias, meses, anos, ou mesmo nunca acontecer, mas, se ocorrer, a parte direita do esquema poderia levar apenas alguns segundos. Logo, neste modelo, a distinção seria entre indicadores preventivos e mitigadores. De acordo com essa abordagem, os indicadores preventivos fornecem informações sobre distorções no processo e, portanto, na estabilidade do sistema. Já os efeitos das intervenções serão refletidos nos indicadores de mitigadores.

Os termos das *Bowtie* possuem várias designações, dependendo do autor do estudo. As barreiras, por exemplo, também são chamadas de defensas, camadas de proteção, elementos críticos de segurança, funções de segurança etc.

Estudiosos testaram a validade do método *Bowtie* para filtrar falhas na aprendizagem da literatura existente sobre acidentes, identificando áreas-chave que podem maximizar o aprendizado, já que por todo o mundo incidentes continuam a ocorrer, apesar dos investimentos em segurança feitos pelas organizações. Esta recorrência demonstra a falha no aprendizado de eventos anteriores. *Learning From Incidents* (LFI) se refere à habilidade de se obter conhecimento de eventos passados e transferi-lo para práticas e comportamentos que possam prevenir ocorrências futuras, contribuindo para a melhoria geral da segurança. As falhas no aprendizado estão relacionadas a duas coisas: lições que não foram aprendidas ou lições aprendidas que não foram implementadas de forma eficiente. Muitas pesquisas sobre o tema já foram desenvolvidas, sendo as mais recentes relacionadas a sistemas cognitivos (STEMN et al, 2017). A pesquisa de STEMN et al (2017) utilizou a abordagem BTA para organizar as lições aprendidas em três temas: ameaças ao aprendizado, consequências das falhas no aprendizado e intervenções necessárias para prevenir ou mitigar as falhas no aprendizado dos incidentes.

NUNEN et al (2018) acrescentam que as barreiras de segurança do diagrama *Bowtie* podem incluir fatores de técnicos organizacionais e humanos.

McLEOD e BOWIE (2018) identificaram que há confusão na literatura técnica da BTA, pois, como a sua estrutura visual de representação assume um modelo linear de causalidade de acidentes baseado em eventos, muitos argumentam que é inadequado como meio de compreender a dinâmica dos sistemas sociotécnicos complexos modernos. No entanto, é importante reconhecer que, ao adotar os conceitos e estruturas da BTA, não há necessidade de fazer suposições sobre os mecanismos e processos que levam aos incidentes, sendo essa uma das diferenças mais significativas entre a BTA e técnicas como Modos de Falha e Análise de Efeitos (FMEA), Análise de Árvore de Eventos (ETA) e Análise de Causa Raiz (RCA), que assumem explicitamente que os eventos adversos podem ser modelados como uma sequência de relações lineares e interações causais entre os elementos do sistema. É verdade que muitos usuários da BTA se baseiam em um modelo tradicional linear de sistemas técnicos orientado a eventos e como eles falham. Também é verdade que o BTA tem sido usado de maneiras que muitas vezes buscam identificar e avaliar as barreiras que são capazes de bloquear o que é modelado como uma cadeia linear de eventos entre as causas subjacentes e os eventos principais. Porém, a BTA e a compreensão das barreiras, mecanismos de falha e salvaguardas que ela pode gerar são neutras em termos de qualquer modelo subjacente de causalidade de acidentes. Não é necessário fazer suposições sobre os mecanismos que podem estar no caminho entre as ameaças e os principais eventos e consequências aos quais elas podem levar. Não há razão para que um modelo *Bowtie* não seja baseado em uma análise STAMP (LEVESON, 2011) ou FRAM (HOLLNAGEL, 2012), por exemplo. Em resumo, quando executado de maneira adequada, a BTA pode fornecer uma compreensão rica dos controles que devem atuar para proteger contra incidentes, como eles podem falhar e como precisam ser implementados, monitorados e gerenciados.

Existe um *software* específico para aplicação do método *Bowtie* (the *BowTieXP*), cujo Manual foi atualizado em 2019²⁴. Segundo o documento, a metodologia é usada para avaliação de risco, gerenciamento de risco e comunicação do risco. O método foi desenhado para dar o panorama da situação na qual o risco está presente, ajudando as pessoas a entender

²⁴ <https://bowtierisksolutions.com.au/wp-content/uploads/2019/08/BowTieXP-User-Manual-V9.2-Rev-39.pdf> (último acesso em 25 de junho de 2023).

a relação entre o risco e os fatores organizacionais. Tudo dentro de uma linha de simplicidade, facilitando ao máximo o entendimento e a aplicação. Importante destacar ainda que se trata de um método qualitativo.

O risco, na metodologia *Bowtie*, é a relação entre perigos, eventos principais, ameaças e consequências. Barreiras são usadas para demonstrar as medidas que a organização possui para controlar o risco (Figura 4.2).

Perigo (*Hazard*): É uma atividade ou estado de algo com potencial para causar danos, mas essencial para o negócio. Por exemplo, na indústria de óleo e gás, apesar de o petróleo ser uma substância perigosa (e pode causar muitos danos quando tratado sem cuidado), e o principal ativo. Por isso, precisa ser gerenciado porque, enquanto estiver sob controle, não será prejudicial (CCPS, 2018).

Evento Principal (*Top Event*): Certos eventos podem causar desvios ou perda de controle sobre o perigo. Na metodologia em estudo, é o que se chama de evento principal. O evento principal ainda não é uma catástrofe, mas características perigosas estão expostas. Por exemplo, óleo fora da tubulação (perda de contenção): se não for atenuado corretamente, poderá resultar em mais eventos indesejados (as consequências) (CCPS, 2018).

Ameaças (*Threats*): Os fatores que podem causar o evento principal são chamados de ameaça. Essas ameaças precisam ser suficientes ou necessárias, ou seja, toda ameaça em si deve ter a capacidade de causar o evento principal. Por exemplo: a corrosão da tubulação pode levar à perda de contenção (CCPS, 2018).

Consequências (*Consequences*): Quando um evento principal ocorre, leva a consequências, que acabam por liberar o perigo, resultando em perda ou dano. Logo, devem ser evitadas ao máximo. Por exemplo: vazamento de óleo no meio ambiente (CCPS, 2018).

Barreiras (*Barriers*): Também conhecidas como controles. O controle de riscos é realizado com a colocação de barreiras para impedir eventos aconteçam. Uma barreira pode ser qualquer medida tomada que atue contra alguma força ou intenção indesejável, a fim de manter o estado desejado. Na metodologia *Bowtie* existem barreiras proativas (no lado esquerdo do evento principal) que impedem que o evento principal aconteça. Por exemplo: inspeções regulares à corrosão dos dutos. Também existem barreiras reativas (no lado direito do evento principal) que impedem que o evento principal resulte em consequências

indesejadas. Por exemplo: equipamento de detecção de vazamento ou bacia de contenção (CCPS, 2018).

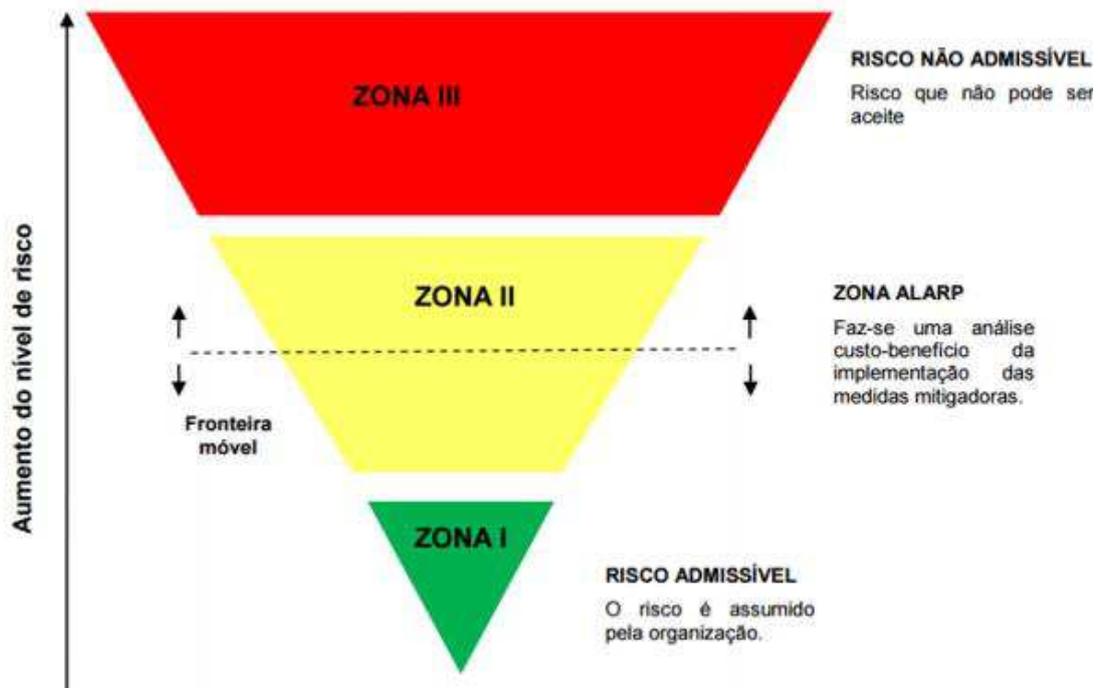
Existem certas condições que podem fazer uma barreira falhar, denominadas fatores de escalada (*escalation factors*). Um fator de escalada é uma condição que leva ao aumento do risco ao derrotar ou reduzir a eficácia de uma barreira. Por exemplo: terremoto que leva a rachaduras no piso de concreto ao redor de uma tubulação. Os fatores de escalada também são conhecidos como fatores de derrota (*defeating factors*) ou mecanismos de redução de barreira (*barrier decay mechanisms*).

Segundo LIU, et al (2016) o gerenciamento de barreiras interage com vários outros aspectos relacionados ao gerenciamento de segurança, meio ambiente e ativos. Alguns sistemas de barreira são constituídos por *hardware*, *software* e humanos, como algumas operações de desligamento que são concluídas manualmente com base em alarmes de transmissores de temperatura ou pressão. Por isso, Fatores Humanos e organizacionais podem afetar as barreiras. McLEOD (2017) destacou alguns motivos: 1) o pensamento e o desempenho humanos são influenciados pela situação e pela experiência; 2) alguns problemas técnicos podem afetar a maneira como as pessoas se comportam e interagem com a tecnologia; 3) as pessoas estão sujeitas a encontrar a maneira mais fácil de fazer as coisas, mesmo que gere mais risco e; 4) é difícil supor que as pessoas sejam sempre racionais. Portanto, os Fatores Humanos e organizacionais precisam ser coordenados para aumentar a confiabilidade das barreiras dos sistemas técnicos.

Porém, como não é possível eliminar completamente alguns riscos, se aceita a sua existência, tentando mantê-lo "*As Low As Reasonably Practicable*" (ALARP). Para que um risco seja ALARP, deve ser demonstrado que o custo envolvido na sua redução é desproporcional ao benefício obtido.

O que o ALARP significa é diferente para cada organização. Depende de quais riscos se quer ou não correr e o que se quer gastar (em tempo e dinheiro) em barreiras/ medidas de controle. Por isso, as empresas desenvolvem sistemas de avaliações qualitativas e/ou quantitativas para classificar os cenários identificados em zonas de riscos (Figura 4.1). Seguindo essa classificação, o risco pode ser classificado em uma das três regiões:

Figura 4.1 – Pirâmide invertida com a gradação de riscos, com a da faixa ALARP.

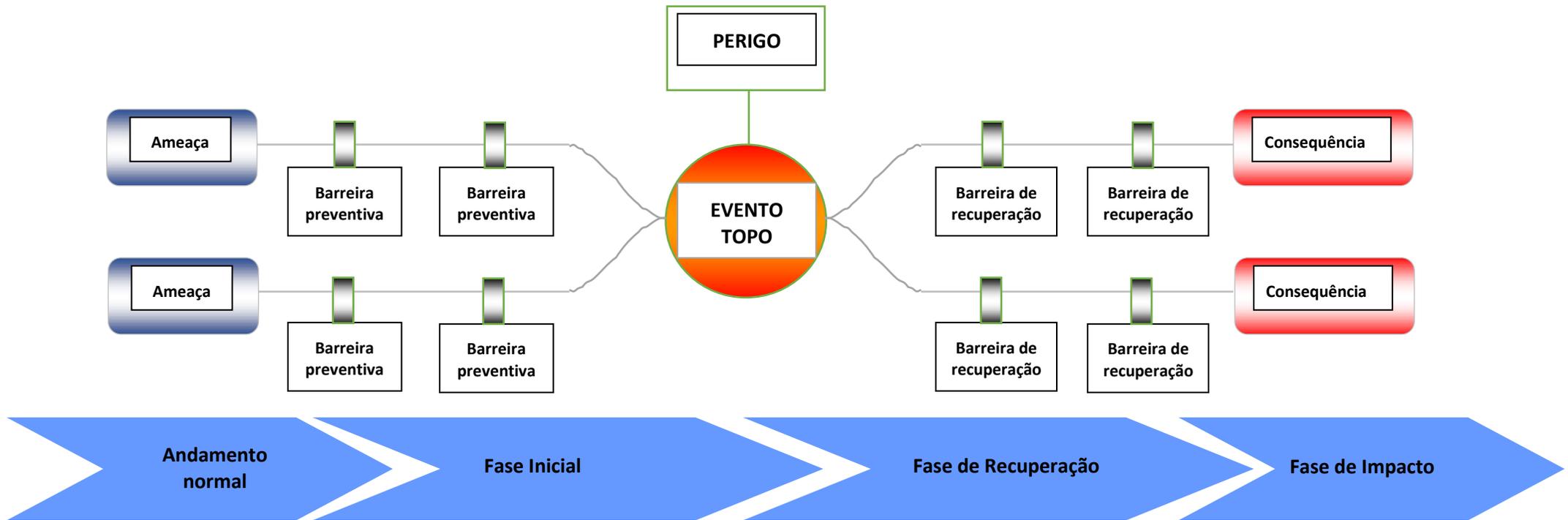


Fonte: Triângulo ALARP de tolerância de risco (NASCIMENTO et al, 2016, p. 2)

Os riscos que foram direcionados para a faixa vermelha são considerados inaceitáveis, com necessidade de intervenções imediatas até se tornarem toleráveis. Tais medidas podem, inclusive, contemplar a paralisação dos serviços ou mesmo o abandono do projeto em andamento. A operação na região vermelha só deve ocorrer em casos excepcionais, com aprovação dos níveis hierárquicos mais altos e por um curto período, isso se não houver nenhuma outra alternativa.

Os riscos constantes da faixa amarela, ou seja, toleráveis, devem ser analisados e reduzidos a níveis ALARP, com aplicação de todas as medidas possíveis para a sua redução. Por isso, para a aceitação de um risco na faixa “tolerável”, uma análise ALARP é mandatória.

Essa sistemática de risco ALARP é complexa e deve ser multidisciplinar, uma vez que é necessário avaliar se a redução do risco valeria o valor investido.

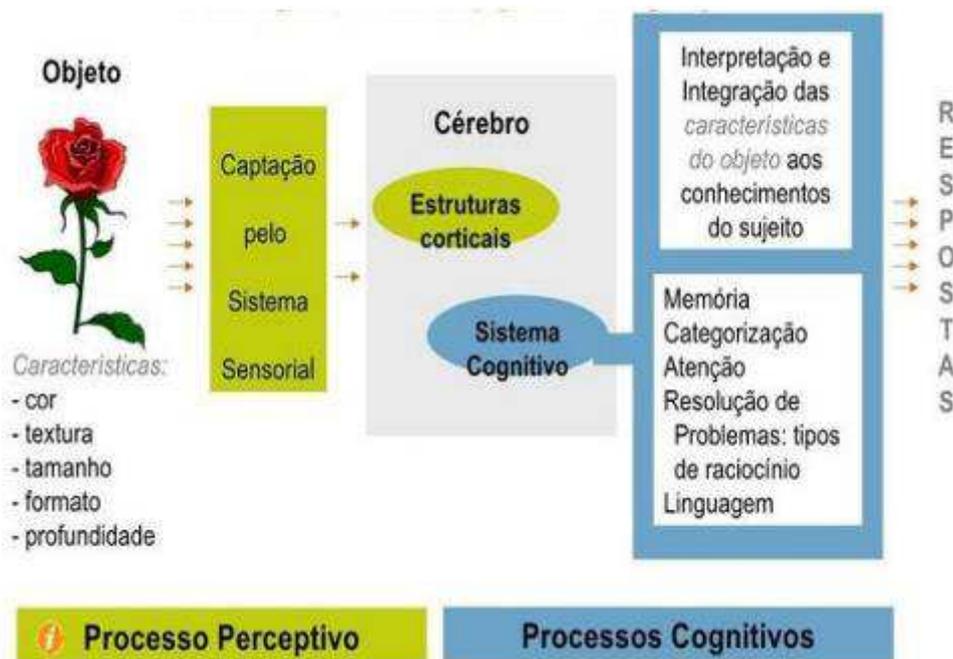
Figura 4.2 - Modelo do Diagrama *Bowtie*.

Fonte: Adaptação própria para o Português de imagem de *Opportunities to enhance barrier management through incident analysis* (VERSCHOOR, E.A; ZITMAN, F., 2019, p. 3)

4.3. DEFINIÇÃO DOS ASPECTOS COGNITIVOS QUE PODEM SER UTILIZADOS EM UMA ANÁLISE BOWTIE DA ATIVIDADE, DENTRO DO CONTEXTO DO REFERENCIAL TEÓRICO ESTUDADO.

Sob ponto de vista da Ergonomia Cognitiva, na análise do trabalho é importante compreender como o trabalhador percebe e age, de acordo com as informações que consegue captar no ambiente à sua volta. Ou seja, como os processos mentais ocorrem em situações que levam a decisões e, em consequência, ações. Esses processos, perceptivos e cognitivos (Figura 4.3), também denominados “cognição humana”, permitem ao ser humano buscar, tratar, armazenar e utilizar os estímulos (informações) oriundos do ambiente.

Figura 4.3 – Processos Perceptivos x Cognitivos.



Fonte: Investigação do Processo de Categorização em *Spectrum Sensing Cognitive Radio* (PEREIRA e GUDWIN, p. 1)

Logo, um ambiente de trabalho que altera ou confunde as informações necessárias pode sobrecarregar as pessoas, já que dificulta a compreensão da informação, fazendo com que se tenha que corrigir com frequência os dados percebidos, o que pode induzir a eventos indesejados.

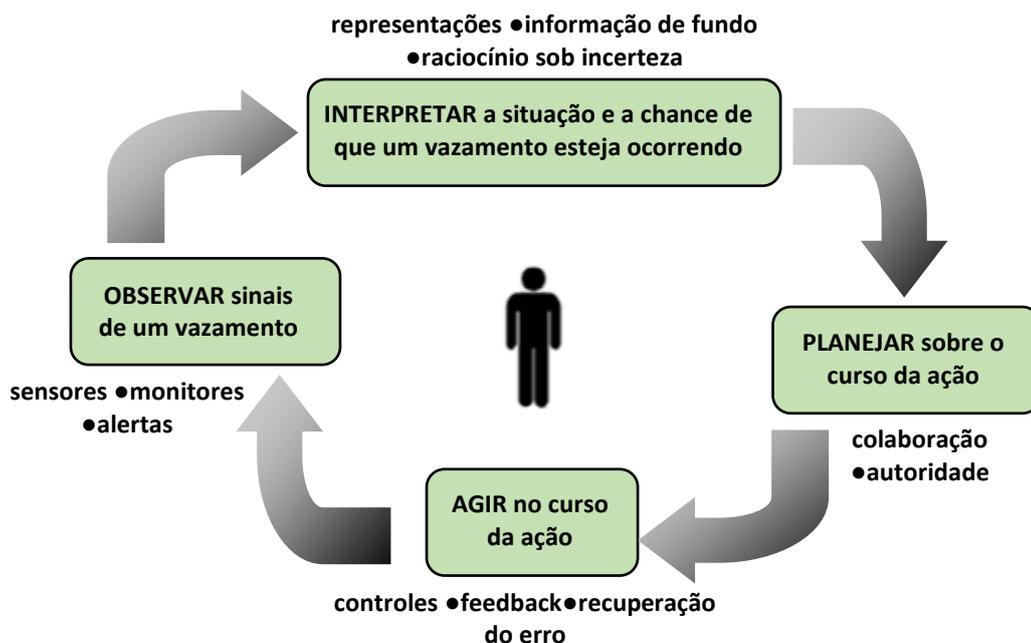
Por isso, uma das finalidades da Ergonomia Cognitiva é a de desenvolver estudos que permitam conceber novos métodos de análise e modelos explicativos da atividade cognitiva

no contexto do trabalho. Esses estudos devem considerar a limitação fisiológica do sistema cognitivo humano, incapaz de captar todas as informações provenientes do meio ou de analisar todas as alternativas possíveis de ação. Logo, deve-se compreender como o indivíduo seleciona as informações pertinentes para agir, com o intuito de elaborar recomendações que favoreçam a captação, o tratamento e, principalmente, a utilização desse conteúdo, reduzindo o número de tratamentos de informação desnecessários, ambíguos ou conflitantes e contribuindo para minimizar eventuais impactos resultantes, por exemplo, da inserção de novas tecnologias no contexto do trabalho ou da execução de tarefas complexas.

De acordo com ST. JOHN (2017) a *Bowtie* Cognitiva pode ser uma alternativa simples de abordagem para identificar os Fatores Humanos que apoiam as decisões-chave no controle do processo. É uma ferramenta que foca nas principais decisões relacionadas aos perigos e analisa essas decisões em termos do ciclo de decisão (detectar, interpretar, decidir e agir) e dos Fatores Humanos cognitivos que os afetam (Figura 4.4).

Primeiro, um problema é detectado. Então, a situação é interpretada para identificar e compreender o problema. Uma decisão é tomada para resolver a situação, seguida da sua implementação. As etapas formam um ciclo contínuo à medida que os impactos da ação são detectados e interpretados e outras decisões são tomadas.

Figura 4.4 – Exemplos de Ciclo de Decisão e exemplos de Fatores Humanos que podem ser associados.



Fonte: Adaptação própria para o Português de *Cognitive Bowties: A New Approach to Analyzing Human Factors in Process Control* (ST. JOHN, 2017, p.2).

Existem Fatores Humanos associados a cada etapa do ciclo de decisão: Fatores Humanos na etapa de detecção incluem sensores e alertas, além da vigilância sobre a fadiga do operador, o que pode afetar a detecção de problemas. Na etapa de interpretação incluem a forma de representação das informações, a disponibilidade de informações e o conhecimento de eventos de turnos anteriores, para não se raciocinar sob a incerteza, já que a ambigüidade e a incerteza são problemas comuns para a interpretação da situação. Os Fatores Humanos na etapa de decisão incluem treinamento em colaboração, liderança e comunicação da equipe e fatores organizacionais, incluindo autorizações para agir e procedimentos e critérios para direcionar questões para níveis mais altos de autoridade e especialização. E na etapa de ação incluem o projeto de controles, *feedback* sobre as ações tomadas e processos para comunicar decisões entre as equipes (abrangência).

Diante do exposto, pode-se prever os seguintes erros, a serem considerados em uma Análise *Bowtie*:

Quadro 4.8 – Possíveis falhas nas funções cognitivas

Função Cognitiva	Possíveis falhas
Observação	Observar objeto errado
	Demorar a observar
	Não observar (omissão)
Interpretação	Falhar no diagnóstico
	Demorar a interpretar
Planejamento	Priorizar as etapas do planejamento de forma errada
	Planejar de forma equivocada
	Planejar de forma incompleta
Ação	Executar de forma errada (excesso de força, direção errada, velocidade acima ou abaixo do necessário)
	Executar no tempo errado (cedo ou tarde demais)
	Acionar controle errado (botões, manivelas etc.)
	Agir fora da sequência planejada
	Não agir (omissão)

Fonte: Elaboração própria, com base em HOLLNAGEL (2013) e ST JOHN (2017).

Segue-se, então, para elaboração de um modelo de Análise *Bowtie*, com uso de Ergonomia Cognitiva.

5 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DA *BOWTIE*

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE A SER ANALISADA

As metodologias de análise do trabalho atuam na decomposição da atividade laboral em uma sucessão de eventos (FRANÇA et al, 2018). Com o desenvolvimento da Ergonomia Cognitiva, torna-se necessária a inclusão destes aspectos na definição das tarefas que compõem a atividade, notadamente quando existe a interação homem x máquina. Um método resultante desta associação é a Análise de Tarefas Cognitivas (ATC) que, segundo SEAMSTER et al (1997, apud FRANÇA et al, 2018), é uma metodologia criada para identificar e descrever estruturas cognitivas (organização do conhecimento e processos como atenção e tomadas de decisão, dentre outros).

Como, quando se trata de Ergonomia Cognitiva, as atividades de sala de controle são as mais estudadas, e sendo certo que é uma tendência a operação remota de plataformas, procurou-se uma outra atividade na qual a interação homem x máquina é fundamental na indústria petrolífera *offshore*.

Com base na experiência adquirida nas Operações da Ouro Negro, duas atividades se destacaram: operação de sonda e operação de guindastes. A segunda foi escolhida por ser atividade fundamental nas unidades, pois os guindastes devem operar mesmo com a plataforma parada, para embarcar alimentos, por exemplo. Além disso, acidentes em atividades de movimentação de cargas são mais comuns que durante a operação de sondas.

COSTA (2014), afirma que a movimentação de cargas, atividade complexa e de caráter coletivo, é realizada por equipe, composta pelos auxiliares de movimentação de cargas, guindasteiros e pela equipe de manutenção do guindaste, além de seu supervisor e do técnico em logística e transporte. Geralmente, os funcionários são terceirizados e os supervisores são empregados próprios.

Cada plataforma de petróleo possui pelo menos dois guindastes, que são os principais dispositivos de movimentação de cargas internas, bem como para transporte das cargas de navios de abastecimento para a plataforma. Através deles chegam todo tipo de materiais e insumos, como os alimentos que são consumidos pelos trabalhadores. Além disso, por eles também é feito o escoamento daquilo que não é mais necessário na unidade. Ou seja, o seu funcionamento constante é fundamental (ABRAÇADO, 2013).

Ainda segundo ABRAÇADO (2013), o operador de guindaste (guindasteiro) é o responsável pelo uso do equipamento. Ele participa de praticamente todas as atividades de movimentação de cargas da unidade, com auxílio da equipe de área, com comunicação via rádio. Também é o profissional responsável pela conservação e limpeza do equipamento, devendo vistoriar o equipamento diariamente e preencher um *checklist* que servirá como guia para as manutenções corretivas necessárias, estas realizadas pela equipe de manutenção.

Não é simples trabalhar como operador de guindaste em alto mar. O balanço contínuo das embarcações torna mais difícil a tarefa de manter o equipamento centralizado em relação à carga, ocasionando em um movimento de pêndulo que pode gerar colisões. Além disso, fatores como ventos, ondas, correntes marítimas e redução da visibilidade prejudicam o serviço do profissional²⁵.

Há possibilidade de movimentação de cargas perigosas, bem como de cargas fundamentais para a sobrevivência na plataforma, como alimentos e água para consumo, aumentando a carga de responsabilidade deste trabalhador.

O operador de guindaste deve possuir alguns treinamentos, sendo o primeiro deles o de capacitação na operação do equipamento. Desejando trabalhar em plataformas, deve fazer ainda:

1) Treinamento de Escape de Aeronave Submersa (*Helicopter Underwater Escape Training* - HUET), que é um curso para ajudar o trabalhador *offshore* a atuar, em caso de acidente com o helicóptero (meio de transporte principal para embarque e desembarque). As técnicas de segurança auxiliam para a sobrevivência até a chegada do resgate.

2) Curso Básico de Segurança de Plataforma (CBSP), onde são lecionadas técnicas de sobrevivência e de vivência embarcado.

3) NR-35 (Segurança para Trabalhos em Altura) com o objetivo de garantir a segurança do profissional que trabalha acima de dois metros de altura.

4) Cursos básicos e complementar, conforme Anexos VI e VII da NR-37 (Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo).

²⁵ <https://opetroleo.com.br/como-trabalhar-embarcado-como-operador-de-guindaste/>

Trata-se de uma atividade tão importante que a Petrobras, desde 2009, possui simuladores de guindastes, na cidade de Macaé²⁶. Outras empresas e entidades, como a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN²⁷), também já contam com simuladores.

Segundo o Código Brasileiro de Ocupações (CBO), desenvolvido em 2002 pelo então Ministério do Trabalho, a descrição sumária do cargo operador de guindaste (fixo) é a seguinte:

Operam máquinas e equipamentos de elevação, ajustando comandos, acionando movimentos das máquinas. avaliam condições de funcionamento das máquinas e equipamentos, interpretando painel de instrumentos de medição, verificando fonte de alimentação, testando comandos de acionamento. Preparam área para operação dos equipamentos e transportam pessoas e materiais em máquinas e equipamentos de elevação. Trabalham seguindo normas de segurança, higiene, qualidade e proteção ao meio ambiente.²⁸

Uma vez definidas as atividades usualmente realizadas pelo operador de guindastes, bem como os principais fatores que podem interferir na rotina laboral, serão destacados os aspectos cognitivos que podem ser abordados na análise *Bowtie* em questão.

²⁶ https://www.agenciapetrobras.com.br/Materia/ExibirMateria?p_materia=6678
<https://oniria.com.br/simulador-de-guindaste-petrobras/>
<https://jornal.usp.br/universidade/laboratorio-da-usp-desenvolve-novo-simulador-naval-de-alta-definicao/>

²⁷ <https://www.firjan.com.br/o-sistema-firjan/setores-de-atuacao/simuladores.htm>

²⁸ <http://www.mtecbo.gov.br/cbsite/pages/home.jsf>

5.2. MONTAGEM DA BOWTIE COGNITIVA DA ATIVIDADE DE OPERAÇÃO DE GUINDASTE

5.2.1. Premissas

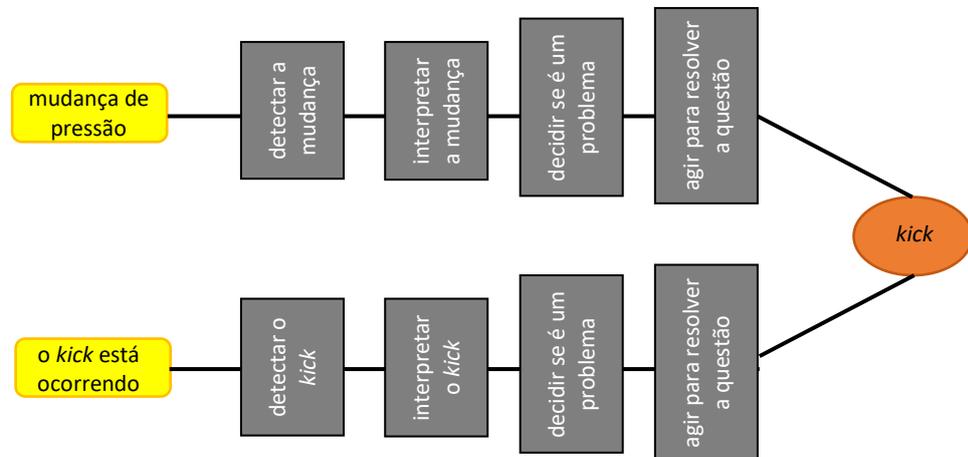
De acordo com BOLTON (2017), existem várias maneiras de classificar o erro humano. Uma delas foi elaborada por James Reason (1990), que identificou três tipos de erro baseados no quadro *Skills, Rules, Knowledge* (SRK) de Rasmussen (1983), criando o *Generic Error Modeling System* (GEMS). Para ele, falhas baseadas em habilidades (deslizes) ocorrem quando o operador humano sabe como executar uma tarefa e pretende fazê-la corretamente. Porém, a pessoa falha na execução do plano por problemas de atenção, omissão, confusão perceptiva (por exemplo, execução de ação correta no alvo errado devido a semelhanças entre o alvo errado e o alvo correto), interferência etc. Lapsos também podem fazer com que um humano execute uma omissão (não fazer algo), uma repetição (repetir algo já feito) ou uma reversão (invertendo a ordem das etapas em uma sequência).

Falhas baseadas em regras (erros) ocorrem quando um operador humano executa um comportamento baseado em regras, e não atinge o resultado pretendido por não ter aplicado a regra corretamente, ou mesmo pela regra não estar adequada. E falhas baseadas no conhecimento (erros) acontecem quando o ser humano não tem conhecimento para formular um plano de ação adequado para uma determinada situação.

De acordo com ST. JOHN (2017), o controle de processo eficaz requer, entre outros, a aplicação de ferramentas que identifiquem os Fatores Humanos que podem afetar a tomada de decisões no processo, para que os operadores e supervisores possam monitorar o sistema proativamente para manter a produção eficiente, evitar perigos e se recuperar de problemas (MUMAW, ROTH, VICENTE, e BURNS, 2000; SMALLMAN e COOK, 2013). Políticas e procedimentos eficazes, como gerenciamento de fadiga e procedimentos de avaliação de risco, ajudam a garantir tomadas de decisão adequadas.

ST. JOHN (2017) afirma ainda que *Bowties* Cognitivas focam nas decisões-chave relacionadas aos perigos e analisam essas decisões em termos do ciclo de decisão (detectar, interpretar, decidir e agir), com os respectivos Fatores Humanos que os afetam. As decisões-chave dentro de um processo podem controlar perigos, prevenir eventos principais e prevenir ou minimizar consequências (Figura 5.1).

Figura 5.1 – Etapas do Ciclo de Decisão para controle de duas ameaças de ocorrência de “kick” em plataforma. Vários Fatores Humanos podem ser associados a cada uma delas.



Fonte: Adaptação própria para o Português de *Cognitive Bowties: A New Approach to Analyzing Human Factors in Process Control* (ST. JOHN, 2017, p.3).

Os Fatores Humanos no ciclo de decisão agem como barreiras contra decisões erradas. Operadores atentos e não cansados, bons dados e boas habilidades de comunicação da equipe, por exemplo, atuam para evitar decisões erradas. Fragilidades em questões relacionadas a Fatores Humanos permitem que decisões ruins sejam tomadas e incidentes ocorram. Fortes barreiras físicas controlam e contêm energia e previnem perigos. Fortes barreiras de Fatores Humanos impedem decisões erradas.

McLEOD (2017) confirma que no centro de um Diagrama *Bowtie* se encontra o evento indesejado, como, por exemplo, um incêndio, um objeto caído ou qualquer que seja o evento de preocupação. O lado esquerdo representa todas as ameaças que, se não forem impedidas, podem levar ao evento, enquanto o lado direito ilustra o desenvolvimento do evento até as suas consequências (ferimentos, danos, morte, danos à reputação etc.). Em ambos os lados são inseridos os controles, que são as defesas contra as ameaças: no lado esquerdo do diagrama, eles são todas aquelas coisas que são consideradas suficientes para reduzir a probabilidade de a ameaça levar ao evento principal a um nível aceitável. No lado direito, eles são todas as coisas destinadas a evitar que o evento indesejado, caso tenha ocorrido, leve às consequências. Os controles podem ser:

- Projetado: tipo mais forte tipo de controle, que pode envolver a redução ou eliminação do perigo, por exemplo, evitando o uso de materiais perigosos ou

corrosivos no processo. Pode também consistir em barreiras físicas, como a qualidade do aço, pintura resistente à corrosão ou intertravamentos mecânicos ou eletrônicos.

- Sistemas organizacionais: estes são os elementos do Sistema de Gestão de Segurança, incluindo organização da equipe, avaliações de riscos do trabalho, procedimentos e instruções de trabalho, que são colocados em prática para controlar a maneira como o serviço é realizado.
- Controle Humano: para assegurar que o trabalho seja realizado por pessoas treinadas, competentes e experientes, laborando em uma forte cultura de segurança, devidamente motivadas e em condições de trabalhar.

É especificado ainda que:

- Barreiras são controles avaliados como sendo suficientemente robustos e confiáveis. São consideradas medidas de controle primárias contra incidentes. Podem ser ativas ou passivas. NUNEN et al (2018) também acrescentam que as barreiras de segurança do diagrama *Bowtie* podem incluir fatores técnicos organizacionais e humanos.
- Salvaguardas consistem em controles que apoiam e sustentam a disponibilidade e o desempenho de barreiras, mas que não atendem aos padrões de robustez ou confiabilidade para serem considerados uma barreira propriamente dita. Seria o “reforço” de uma barreira.
- As salvaguardas humanas e organizacionais são definidas como ações que uma organização toma com o objetivo de influenciar o comportamento e reduzir as chances de erro humano.
- Fatores de degradação são elementos que podem fazer com que um controle falhe em seu trabalho pretendido.
- Controles dos fatores de degradação se destinam a evitar que os fatores de degradação interfiram no funcionamento do controle.

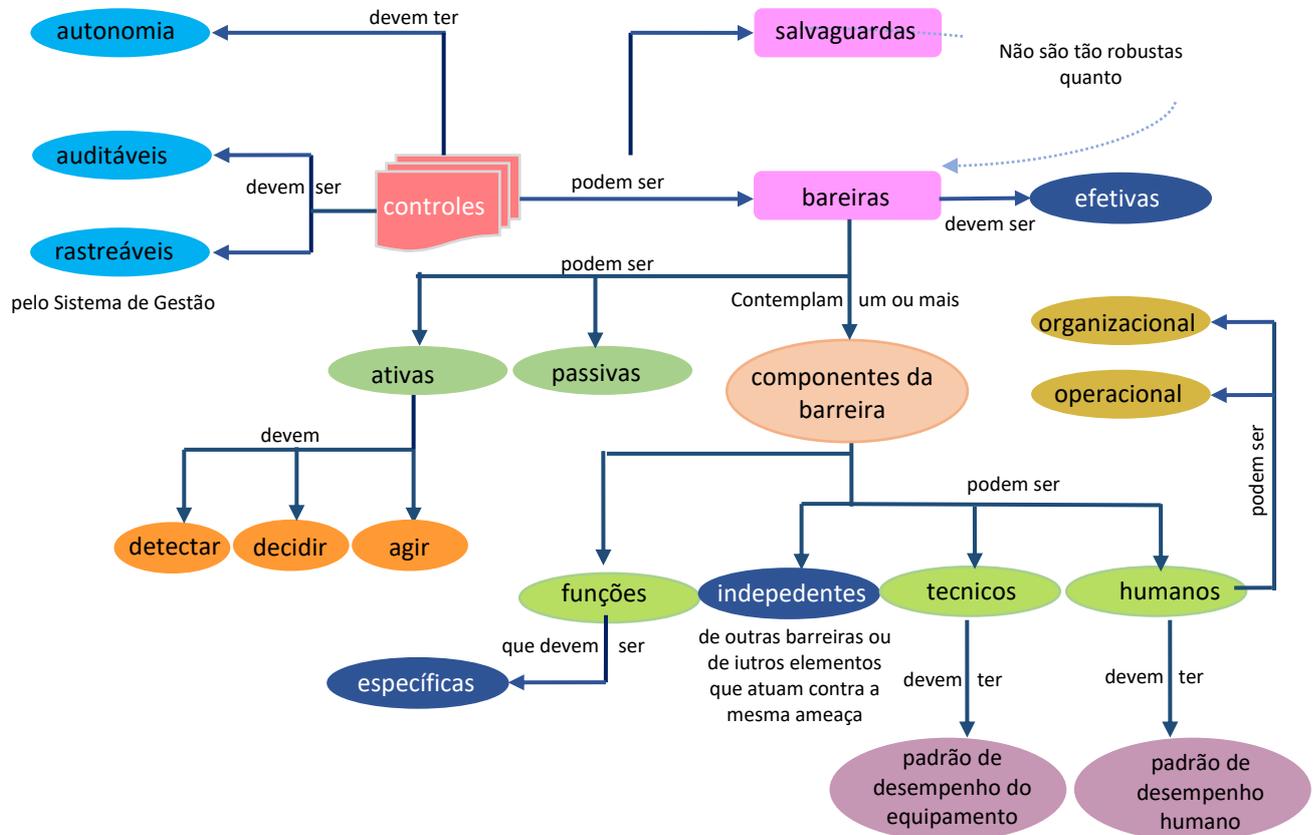
- Cada diagrama deve estar associado a um perigo específico e a um único evento principal, ou seja, a uma das maneiras pelas quais o perigo poderia ser liberado. Logo, podem existir vários eventos principais para um único risco.

Ainda segundo McLEOD (2017), atingir a confiança nos controles relacionados ao desempenho humano pode ser um grande desafio, pois os controles dependem do indivíduo ou de uma equipe e qualquer fator, como carga de trabalho, fadiga, distração, falta de treinamento etc., que derrotar um controle terá o potencial de derrotar outros controles na mesma linha de ameaça. E, mesmo quando os controles são atribuídos a diferentes indivíduos, fatores organizacionais, como mensagens de liderança enfatizando a produção em vez da segurança, podem levar à falha de muitos controles que dependem das pessoas. Além disso, ainda se carece da compreensão da natureza e da complexidade dos elementos cognitivos das tarefas que precisam ser realizados para que as barreiras funcionem conforme pretendido.

Destarte, o erro humano é comumente modelado como uma ameaça. Entretanto, identificar erro humano como uma ameaça em uma análise *Bowtie* pode criar uma impressão enganosa de que o risco de erro humano está sendo adequadamente gerenciado por barreiras, além de criar uma ideia equivocada do papel das pessoas na Gestão da Segurança.

A alternativa para tratar o erro humano como uma ameaça é reconhecer o impacto real do erro humano, que é o de derrotar ou degradar as barreiras. Logo, em vez de focar no erro humano, a atenção deve ser direcionada para melhorar a força inerente e a resiliência da (s) barreira (s) que o erro pode derrotar ou degradar (Figura 5.2).

Figura 5.2 – Resumo das relações entre os controles



Fonte: Adaptação própria para o português de “*Human factors in barrier management: hard truths and challenges*” (McLEOD, 2017, p.6)

Segundo MANTON et al, em poster publicado em outubro de 2017 na Conferência do CCPS, na *Bowtie* existem barreiras para neutralizar potenciais ameaças desencadeadoras do evento principal, ou para impedir as consequências deste evento, caso ocorra. Essas barreiras podem ser passivas (por exemplo, barreiras contra colisões), contínuas (por exemplo, ventilação) ou ativas. Barreiras ativas precisam ter elementos para "detectar" a ameaça, "decidir" o que fazer a respeito e "agir" para interromper a trajetória. Isso significa que, apesar de os aspectos típicos de Fatores Humanos, como “treinamento”, “competência”, “cultura de segurança” ou “liderança” não poderem aparecer sozinhos como barreiras, são essenciais para garantir o seu correto funcionamento. Como tal, eles apareceriam como salvaguardas dos fatores de degradação que afetam uma barreira.

Eles informam ainda que existem premissas importantes na abordagem de Fatores Humanos na análise *Bowtie*:

- Os erros humanos não devem ser modelados diretamente como uma ameaça que pode levar a um evento de topo. As ameaças são ameaças inerentes decorrentes da operação.

- Barreiras ativas, com detectar, decidir e agir componentes, muitas vezes envolvem seres humanos em um dos elementos e, portanto, é importante entender como eles degradam a barreira.

- Falhas mecânicas e erros humanos podem destruir ou enfraquecer as barreiras. É necessário criar salvaguardas para reduzir o risco e impedir que isso aconteça. O termo “salvaguarda” é usado para designar os controles que não atendem aos requisitos completos de uma barreira ativa.

- Controles que as organizações usam para minimizar o erro humano podem não atender aos critérios necessários para serem consideradas barreiras ativas por si só (eficazes, independentes e auditáveis). Neste caso, seriam salvaguardas muito importantes para gerenciar o risco de erro humano, que poderia levar à degradação do desempenho de barreiras ativas. Exemplos de salvaguardas são avisos, sinalização, interface homem-máquina, procedimentos operacionais, práticas de verificação cruzada etc.

Com base nas premissas identificadas na literatura existente, parte-se agora para a escolha do estudo de caso a ser analisado pela Análise *Bowtie*.

5.2.2. Montagem da *Bowtie*

Durante as Fiscalizações da Outo Negro realizadas em 2018 e 2019 (cerca de quatro embarques) foram consultados operadores de guindastes e membros da CIPLAT sobre os potenciais perigos em operações nestes equipamentos e fatores que poderiam desencadá-los ou preveni-los.

Com essas informações foi especificado como Perigo a queda da carga e o Evento Principal a perda de controle da carga durante uma atividade de movimentação com o guindaste, sendo identificadas três consequências principais:

- 1) Dano à carga. E/OU
- 2) Dano à plataforma, que pode ser estrutural ou não. E/OU

- 3) Dano às pessoas. Para este caso, é possível uma barreira física, que seria o impedimento à área de acesso sob influência do transporte, com delimitação da área.

Uma vez que não é permitido o uso de guindastes sob condições climáticas adversas (o que seria uma das causas de perda de controle), as outras duas principais causas que serão trabalhadas são:

- 1) Falha no equipamento (guindaste).
- 2) Excesso de carga.

Para cada uma delas foram inseridos os quatro itens do ciclo de decisão: detecção, interpretação, planejamento e ação (Figura 5.3).

Como o foco é a inclusão dos itens de cognição e de Fatores Humanos, outras causas não diretamente associadas ao ciclo de decisão, como itens de manutenção, projeto etc., não foram abordadas neste momento.

Figura 5.3 – Diagrama *Bowtie* do estudo de caso – barreiras relacionadas ao ciclo de decisão.



Fonte: Elaboração própria

Excesso de carga:

Na etapa de detecção (observação), uma forte barreira seria o uso de alarme. Porém, além da falha no equipamento (que pode ser tratada com rotinas de manutenção e testes), dois fatores de degradação relacionados à cognição podem ser considerados, conforme as possíveis falhas nas funções cognitivas já levantadas no Quadro 4.8:

- 1) Não observância do alarme, que pode ocorrer por falha de projeto (e seria solucionada com a colocação de alarme visual e sonoro posicionado dentro da zona de visão do operador) ou por fadiga do operador, que deve ser tratada com verificação das horas de trabalho e avaliação da sobrecarga laboral.
- 2) Demora na observância do alarme, sendo as duas salvaguardas a serem aplicadas similares às da não observância.

Detectado o excesso de carga, deve-se interpretar a veracidade/ gravidade da situação. Neste caso, pode-se:

- 1) Demorar a interpretar a informação do alarme, que também pode ocorrer pela fadiga do operador, causada pelo excesso de horas de trabalho, sobrecarga, estresse etc. Logo, todos esses Fatores Humanos devem ser previamente tratados e observados.
- 2) Interpretar o alarme de forma errada, considerando ainda ser possível a movimentação da carga. E, para este fator de degradação, a experiência e o treinamento dos operadores são as principais salvaguardas, traduzidas em simulados; ferramentas que possibilitem a troca de experiências entre operadores (como a criação de um banco de dados); e abrangência de outros incidentes similares, seja na mesma unidade ou até mesmo em outras. Além disso, a disponibilização das tabelas de peso na cabine do guindaste é uma salvaguarda de fácil execução, que pode ser de grande utilidade na interpretação.

Interpretado o excesso, pode-se falhar na:

- 1) Decisão de continuar, que também pode ser controlada pelas salvaguardas associadas a experiência e treinamentos.

- 2) “*Stop Culture*”, se sentindo o operador obrigado a continuar por medo de “atrasar o serviço” ou mesmo de ser punido e considerado “zeloso demais”. Para isso, devem existir procedimentos robustos e incentivo à parada de serviço sempre que o operador identificar que existe um problema de segurança.
- 3) Demora na decisão de parar, ameaça muitas vezes causada pela insegurança do operador. As salvaguardas seriam as mesmas das anteriormente identificadas: reforço em treinamentos e na troca de experiências e uma política de “*Stop Culture*” robusta.

Ultrapassadas as barreiras relacionadas a detecção x interpretação x decisão, se o operador decide continuar a operação, a probabilidade de ocorrência do evento principal (perda do controle da carga) torna-se muito alta.

Falha no guindaste:

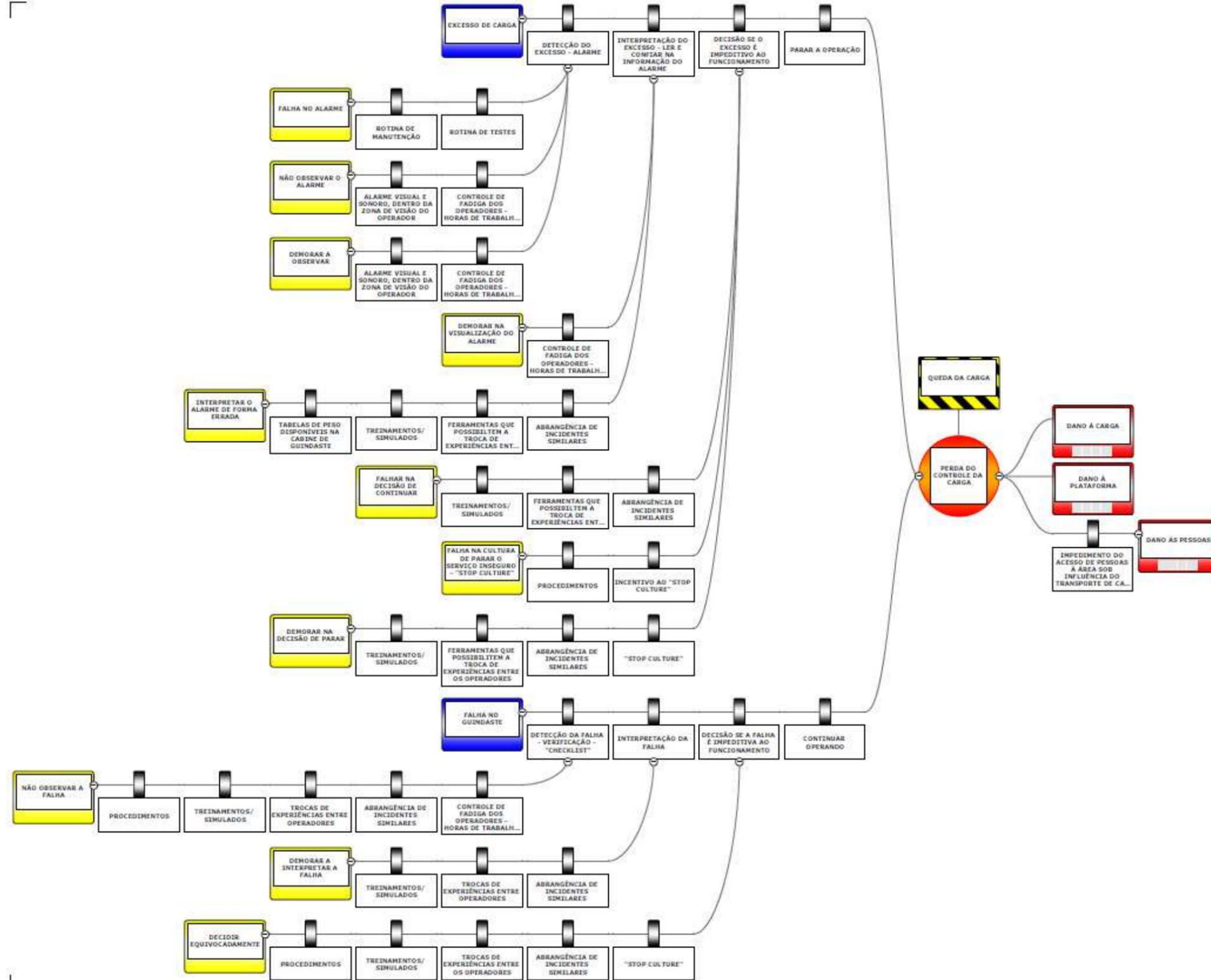
Considerando as possíveis falhas nas funções cognitivas levantadas no Quadro 4.8:

Para detecção da falha, a principal salvaguarda é a verificação prévia sempre o equipamento for utilizado, com preenchimento do *checklist*. Tal procedimento, inclusive, já é tratado na NR-37 (Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo), com itens associados à necessidade de inspeção dos guindastes antes da sua utilização. Neste caso, o principal fator de degradação seria não observar a falha, seja pela falta de treinamento/ experiência, ou pela fadiga, sendo necessário trabalhar estas duas condições. A implementação de procedimentos robustos seria uma outra salvaguarda a ser aplicada.

Observada a falha, deve-se interpretá-la, decidindo se seria impeditiva ou não ao funcionamento do equipamento. O principal erro de interpretação seria na demora, o que reduziria o tempo de reação. Esta demora estaria principalmente ligada a treinamentos/ experiência, dois itens que devem ser trabalhados na decisão sobre o impedimento, ou não, da operação. As salvaguardas também podem ser procedimentais e/ou relacionadas à “*Stop Culture*”, uma vez que, tomando-se a decisão de continuar sem a segurança necessária, a probabilidade de perda de controle da carga aumenta consideravelmente.

A seguir a Figura da *Bowtie* completa elaborada.

Figura 5.4 – Diagrama *Bowtie* do estudo de caso.



Fonte: Elaboração própria

6 CONCLUSÃO

Devido à rotina de fiscalizações de Saúde e Segurança do Trabalho, incluindo as relacionadas a plataformas de óleo e gás, observou-se a necessidade de uma visão direcionada a Fatores Humanos e aspectos cognitivos para os trabalhadores deste ramo, expostos aos mais variados riscos, muitas vezes de forma simultânea, e tendo que tomar decisões complexas para manter o funcionamento da indústria de extração e processamento do petróleo, elemento ainda fundamental para a demanda de energia mundial.

Destarte, o objetivo deste trabalho foi o de facilitar a abordagem dos Fatores Humanos e cognitivos, associando uma ferramenta já de uso comum em estudos de segurança, para facilitar a aderência pela indústria de óleo e gás *offshore*. Após pesquisas do que já se tem estudado sobre o tema, optou-se pela *Bowtie Analysis*, método de leitura simples e bem aceito, tendo sido verificado que já existiam estudos de sua associação aos aspectos cognitivos do ciclo de decisão, bem como às questões de Fatores Humanos.

Depois de contextualizar a necessidade e identificar a ferramenta que poderia auxiliar na proposta, passou-se à montagem da *Bowtie* associada a aspectos cognitivos e de Fatores Humanos para uma atividade *offshore* de grande relevância, a operação de guindastes. Insumos e materiais chegam às plataformas por esses equipamentos, sendo seu funcionamento essencial. Por isso, seus operadores e outros trabalhadores envolvidos são altamente treinados e capacitados. Ainda assim, acidentes com movimentação de cargas são comuns, e a inclusão de aspectos cognitivos e de Fatores Humanos nos estudos de segurança pode contribuir para essa redução.

Optou-se então pelo estudo do risco de perda de controle de carga em atividade de movimentação com uso de guindaste, utilizando-se as quatro funções cognitivas do ciclo de decisão, observação x interpretação x planejamento e ação, como barreiras para impedir o evento topo. Para cada uma delas foram identificadas ameaças associadas a Fatores Humanos e sugeridas salvaguardas para impedir os erros humanos possíveis.

Como Fatores Humanos e aspectos cognitivos ainda são subjetivos, essa abordagem poderia objetivar seu entendimento e posterior aplicação nas rotinas de trabalho.

Verificou-se que tal adaptação é possível, sendo a ferramenta *Bowtie* indicada para trabalhar em conjunto com Fatores Humanos e Ergonomia Cognitiva, principalmente considerando sua baixa complexidade, que permite que seja aprimorada junto aos trabalhadores.

Porém uma barreira a ser vencida para a efetiva aderência é a cultura de se esconder falhas e fraquezas, muitas vezes não aceitas na indústria *offshore*. O trabalhador deve se sentir pronto para relatar os problemas realmente identificados, o que possibilitaria até mesmo a criação de bancos de dados mais robusto de Fatores Humanos.

Acredita-se que cada vez mais, esta, e outras ferramentas similares que possibilitem a abordagem dos aspectos cognitivos e de Fatores Humanos nos trabalhos em plataformas de petróleo, sejam disseminadas, aplicando os conceitos já existentes na literatura, em normas e na legislação e permitindo o seu aperfeiçoamento.

Além disso, uma vez provocadas, espera-se que as empresas do ramo desenvolvam os próprios procedimentos e práticas para inserir esses aspectos em seus estudos de Saúde e Segurança do Trabalho, aprimorando a sua abordagem e fazendo com que os conceitos de Ergonomia Cognitiva e de Fatores Humanos sejam cada vez mais enraizados dentro da realidade laboral do país.

6.1 PROPOSTAS DE NOVOS TRABALHOS

Trabalhos futuros podem tratar da validação desta *Bowtie* com os trabalhadores. Além disso, pode-se objetivar ainda mais os conceitos cognitivos e de Fatores Humanos e até mesmo inserir itens que possibilitem uma quantificação de confiabilidade para cada barreira, desenvolvendo uma “*Bowtie* quantitativa”.

REFERÊNCIAS

ABRAÇADO, M.P. **A movimentação de cargas em plataformas offshore: da operação à integração ao projeto.** 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2013.

ABRISCO. Sugestões da ABRISCO para a revisão do SGSO da ANP. 2018. Disponível em http://www.anp.gov.br/arquivos/fiscalizacao/fiscalizacao_seguraca_operacional/gerenciament_o-seguranca-operacional/consolidacao_sugestoes_abrisco_minuta_10-10-18.pdf. Acesso em 15 de abril de 2020.

ABBASSI, R. *et al.* *An integrated method for human error probability assessment during the maintenance of offshore facilities.* **Process Safety and Environmental Protection**, v. 94, n. C, p. 172–179, 2015.

AFONSO, B.W. **Metodologia Para Quantificação de Erros Humanos na Indústria de Processos**, 2014. (Dissertação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO – ANP. **VI Workshop de Segurança Operacional e Meio Ambiente (VI SOMA).** Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/workshop-soma/vi-workshop-de-seguranca-operacional-e-meio-ambiente-vi-soma>, acesso 15 de abril de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO – ANP. **VII Workshop de Segurança Operacional e Meio Ambiente (VII SOMA).** Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/apresentacoes-e-palestras/2019/vii-workshop-de-seguranca-operacional-e-meio-ambiente-vii-soma>. Acesso 15 de abril de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO – ANP. **IX Workshop de Segurança Operacional e Meio Ambiente (IX SOMA).** Disponível em https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/arq/raso/v0_2021_relatorio-anual-de-seguranca-operacional.pdf , acesso 3 de outubro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO – ANP. **Plataformas em operação.** Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/lista-de-plataformas-em-operacao>. Acesso em 3 de outubro de 2022.

AHMADI, O.; MORTAZAVI, S. B.; KHAVANIN, A. *Validity and consistency assessment of accident analysis methods in the petroleum industry.* **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 0, n. 0, p. 1–18, 2017.

A. PEREIRA, R. GUDWIN, *Investigação do Processo de Categorização em Spectrum Sensing Cognitive Radio*, 3º **Seminário Interno de Cognição Artificial SICA 2011 – UNICAMP**, São Paulo, p.1, 2011.

ARIGI, A. M. *et al.* *Human and organizational factors for multi-unit probabilistic safety assessment: Identification and characterization for the Korean case.* **Nuclear Engineering and Technology**, v. 51, n. 1, p. 104–115, 2019.

AVEN, T.; KRISTENSEN, V. *How the distinction between general knowledge and specific knowledge can improve the foundation and practice of risk assessment and risk-informed decision-making.* **Reliability Engineering and System Safety**, v. 191, n. March, p. 106553, 2019.

BOFF, K. R. *Revolutions and shifting paradigms in human factors & ergonomics.* **Applied Ergonomics**, v. 37, n. 4 SPEC. ISS., p. 391–399, 2006.

BOLTON, M.L. *A task-based taxonomy of erroneous human behavior.* **International Journal of Human-Computer Studies**, v.108, n. June, p.105-121, 2017.

BOWTIEXP MANUAL, disponível em <https://bowtierisksolutions.com.au/wp-content/uploads/2019/08/BowTieXP-User-Manual-V9.2-Rev-39.pdf> (último acesso em 25 de junho de 2023).

CAHILL, J. *et al.* *User and design requirements and production of evidence: using incident analysis data to (1) inform user scenarios and bow ties, and (2) generate user and design requirements.* **Cognition, Technology & Work**, v.20, n.1, p.23-47, 2018.

CAÑAS, J.J; WAERNS, Y. *Ergonomía Cognitiva – Aspectos Psicológicos de la Interacción de las Personas con la Tecnología de la Información.* Espanha: Editorial Médica Panamericana, 2001.

CARDOSO, Raíra. *Prevenção a Bordo – Nova Norma Regulamentadora voltada às plataformas de petróleo traz atualizações e novidades que devem aperfeiçoar gestão de Segurança e Saúde no Trabalho nas embarcações.* **Revista Proteção**, São Paulo, 330, p.38-50, junho, 2019.

CCPS. **Bowties in Risk Management - A Concept Book for Process Safety.** Wiley online books, 2018.

CHANDRASEGARAN, D.; GHAZILLA, R.A.R.; RICH, K. *Human factors engineering integration in the offshore O&G industry: A review of current state of practice.* **Safety Science**, v.125, n. November 2019, 2020.

CHEN, Y.; YAN, S.; TRAN, C. C. *Comprehensive evaluation method for user interface design in nuclear power plant based on mental workload. Nuclear Engineering and Technology*, v. 51, n. 2, p. 453–462, 2019.

CÓDIGO BRASILEIRO DE OCUPAÇÕES – **Operador de Guindaste Móvel**– Disponível em <https://www.ocupacoes.com.br/cbo-mte/782115-operador-de-guindaste-movel>. Acesso em outubro 2020.

COSTA, P.G.F., 2014. **Diagnóstico rápido em ergonomia: aplicação em plataformas offshore na Bacia de Campos**. Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2014.

CRIJA, U. B. et al. *Interfacing the probabilistic bowtie analysis with the regulatory risk matrix. Chemical Engineering Transactions*, v. 77, p. 919–924, 2019.

DEJOURS, C. **A loucura do Trabalho: estudo da psicopatologia do trabalho**. Tradução de Ana Isabel Paraguay e Lúcia Leal Ferreira. 5. ed. São Paulo: Cortez-Oboré,1992.

DEJOURS, C. **o Fator Humano/ Christophe Dejourns**. Tradução de Maria Irene Stocco Betiol e Maria José Tonelli. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV,1999.

DNV GL. *The Worldwide Offshore Accident Databank (WOAD)* –. Disponível em <https://www.offshore-technology.com/downloads/whitepapers/design-engineering-construction/worldwide-offshore-accident-databank/>. Acesso em 3 de outubro de 2022.

ECO, H. **Como se Faz uma Tese**. Tradução de Gilson Cesar Cardoso. 12. ed. São Paulo: Editora Perspectiva SA, 1995.

ENERGY INSITUTE. Human factors engineering in projects, 2ª edição, Londres, 2020.

ESCOLA NACIONAL DA INSPEÇÃO DO TRABALHO. **Norma Regulamentadora n.17**, de 25 de outubro de 2018. Ergonomia. Brasília, 2018. Disponível em https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-17.pdf. Último acesso em: 21 fev. 2021.

ESTUDO PRÁTICO. **A camada pré-sal**. Disponível em <https://www.estudopratico.com.br/a-camada-pre-sal/>, acesso em 8/4/2020.

ESTUDO PRÁTICO, **Localização das camadas de petróleo na crosta terrestre**. Disponível em <https://www.estudopratico.com.br/a-camada-pre-sal/>, acesso em 8 abril 2020.

FALCK, A. C.; ROSENQVIST, M. *A model for calculation of the costs of poor assembly ergonomics (part 1). International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 44, n. 1, p. 140–147, 2014.

FERREIRA, J.F.M.G. **Análise da confiabilidade do sistema de compressão de CO₂ numa planta petroquímica considerando os fatores técnico-operacionais e humanos**. 2018. Dissertação (Mestrado - Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica - Universidade Federal da Bahia, 2018.

FIGUEIREDO, M. **A Face Oculta do Ouro Negro: Trabalho, Saúde e Segurança na Indústria Petrolífera Offshore da Bacia de Campos**. 2. ed. Niterói: Eduff, 2016. 367.

FRANÇA, J. E.M. et al. A Importância da Compreensão dos Fatores Humanos na Análise de Acidentes em Plataformas de Petróleo *Offshore*. **ResearchGate**, September, 2017.

FRANÇA, J. E.M. et al. Estudo de Caso: Análise de Tarefas Cognitivas do Trabalho do Posto de Operação de um Terminal de Transferência e Estocagem de Petróleo com Foco nos Fatores Humanos. **ResearchGate**, September, 2018.

FRANÇA, J. E.M. et al. Evolução da Análise de Acidentes em Plataformas de Petróleo Offshore: Dos Equipamentos aos Fatores Humanos. **ResearchGate**, September, 2016.

FRANÇA, J. E.M. et al. Fatores Humanos e Gestão de Riscos *Offshore*. **ResearchGate**, September, 2015.

FRANCIOSI, C. et al. A taxonomy of performance shaping factors for human reliability analysis in industrial maintenance. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 12, n. 1, p. 115–132, 2019.

GALLAB, M. et al. Risk Assessment of Maintenance activities using Fuzzy Logic. **Procedia Computer Science**, v. 148, n. Icds 2018, p. 226–235, 2019.

GEWANDSNAJDER, F. **O que é o Método Científico**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1989.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GUIMARÃES, L.A.; GRUBITS, S. (orgs). **Saúde Mental e Trabalho**, vol. II. São Paulo: Casa do Psicólogo®, 2004.

HABIBI, E.; POUYA, A. The comparative study of evaluating human error assessment and reduction technique and cognitive reliability and error analysis method techniques in the control room of the cement industry. **International Journal of Environmental Health Engineering**, v. 4, n. 1, p. 14, 2015.

HOLLNAGEL, E. (1993). The phenotype of erroneous actions. **International Journal of Man-Machine Studies**, 39, p.1-32, 1993.

HOLLNAGEL, E. **CREAM - Cognitive Reliability and Error Analysis Method**. Disponível em [CREAM \(1998\) | erikhollnagel.com](http://erikhollnagel.com), acesso em 23 de julho de 2021, às 21:03h.

HO, K. *et al.* A review of the off shore oil and gas safety indices. **Safety Science**, v. 109, n. February, p. 344–352, 2018.

HUGO, J. V.; KOVESDI, C. R.; JOE, C. *Progress in Nuclear Energy The strategic value of human factors engineering in control room modernization*. **Progress in Nuclear Energy**, v. 108, n. October 2017, p. 381–390, 2018.

ISLAM, R. *et al.* Human Error Probability Assessment During Maintenance Activities of Marine Systems. **Safety and Health at Work**, v.9, n.1, p.42-52, 2018.

JASTRZEBOWSKI, W. *An outline of ergonomics, or the science of work*. Central Institute for Labour Protection. Varsóvia, 1857.

KARLTUN, A.; KARLTUN, J.; BERGLUND, M. *HTO e A complementary, ergonomic approach*. **Applied Ergonomics**, v.59, p.182-190, 2017.

KARSH, B.; WATERSON, P.; HOLDEN, R. J. *Crossing levels in systems ergonomics: A framework to support 'mesoergonomic' inquiry*. **Applied Ergonomics**, v. 45, n. 1, p. 45–54, 2014.

KAZEMI, R. *et al.* Field Study of Effects of Night Shifts on Cognitive Performance, Salivary Melatonin, and Sleep. **Safety and Health at Work**, v. 9, n. 2, p. 203–209, 2018.

KHAN, F.; RATHNAYAKA, S.; AHMED, S. *Methods and models in process safety and risk management: Past, present and future*. **Process Safety and Environmental Protection**, v.98, p.116-147, 2015.

KLETZ, T. A. – **O que Houve de Errado?: Casos de Desastres em Indústrias Químicas, Petroquímicas e Refinarias**. Tradução de Antônio Gomes de Mattos Júnior e Antônio Gomes de Mattos Neto; revisão técnica 2M Consultoria e Serviços Técnicos LTDA. São Paulo: Pearson Makron Books, 1993.

LAVILLE, A. **Ergonomia**. Tradução de Márcia Maria Neves Teixeira. São Paulo, EPU, Ed. da Universidade de São Paulo, 1977.

LOPES, M. **Métodos Geofísicos Para A Prospeção Mineral**. Disponível em <https://tecnicoemineracao.com.br/metodos-geofisicos-para-a-prospeccao-mineral/em19/2/2015> . Acesso em 8/4/2020.

MANDARINI, M. B.; STICCA, M. G. Fatores de risco psicossocial relacionados ao estresse em trabalhadores terceirizados: uma revisão. **Psicologia em Pesquisa**, v. 13, n. 1, p. 12–21, 2019.

MANTON, M et al. *Representing Human Factors in Bowties as per the new CCPS/EI Book. CCPS Middle East Conference on Process Safety. Poster Session*, Tuesday, October 10, 2017.

MCLEOD, R.W. *Human factors barrier management: Hard truths and challenges. Process Safety and Environmental Protection*, v.110, p.31-42, 2017.

MCLEOD, R.W.; BOWIE, P. *Bowtie Analysis as a prospective risk assessment technique in primary healthcare. Policy and Practice in Health and Safety*, v.16, p.177-193, 2018.

MENDES, Ana Magnólia; MERLO, Álvaro Roberto Crespo; MORRONE, Carla Faria; FACAS, Emílio Peres (org). **Psicodinâmica e Clínica do Trabalho – Temas, interfaces e casos brasileiros**. São Paulo: Juruá Editora, 2010.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. NR-17 - Ergonomia, 2022. Disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acao-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-17-atualizada-2022.pdf>, acesso em 6 de agosto de 2023.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. NR-37 - Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo, 2022. Disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acao-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-37-atualizada-2022-1.pdf>, acesso em 6 de agosto de 2023.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO. **Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho – Smartlab**. Disponível em <https://smartlabbr.org/sst>, acesso em 3 de outubro de 2022.

LEVA, M. C., Naghdali, F. Alunni, C. Ciarapica, 2015. *Human Factors Engineering in System Design: A Roadmap for Improvement. Procedia CIRP*, v.38, p.94-99, 2015.

MOTA, B.M; LEITÃO, T.M., 2018. **Proposta de um Método Neuroergonômico para Melhoria de Postos de Trabalho**. Projeto de Graduação – UFRJ/ POLI/ Curso de Engenharia de Produção, 2018.

NASCIMENTO, A.C. et al. Avaliação de Risco sobre a perda de ductilidade a quente de barras de aço CA-50. **53º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, parte integrante da ABM Week**, Rio de Janeiro, p.167-178, 2016

NASCIMENTO, C.S.; MESQUITA, R.N. *Analysis of the Influence of Human Factors on Main Chemical. Intwernational Nuclear Atlantic Conference*, n. March, 2011.

NASCIMENTO, L. et al. *Designing for Risk Assessment Systems for Patient Triage in Primary Health Care: A Literature Review. JMIR Human Factors*, v. 3, n. 2, p. 1–15, 2019.

NECCI, A. et al. *Lessons learned from offshore oil and gas incidents in the Arctic and other ice-prone seas. Ocean Engineering*, v. 185, n. December 2018, p. 12–26, 2019.

NUNEN, K. VAN et al. *Developing leading safety indicators for occupational safety based on the bow-tie method. Chemical Engineering Transactions*, v. 77, p. 49–54, 2019.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **Pontos de verificação ergonômica: soluções práticas e de fácil aplicação para melhorar a segurança, a saúde e as condições de trabalho.** Tradução Fundacentro. 2ed., São Paulo, Fundacentro, 2018.

ORNELAS, D. L., 2014. **Aperfeiçoamento do Processo de Fiscalização com foco em Segurança e Meio Ambiente das Unidades de Produção Offshore no Brasil.** Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2014.

PASQUALE, V. DI et al. *A Simulator for Human Error Probability Analysis (SHERPA). Reliability Engineering and System Safety*, v. 139, p. 17–32, 2015.

PASQUALE, V. DI et al. *Human reliability in manual assembly systems: a Systematic Literature Review. IFAC-PapersOnLine*, v. 51, n. 11, p. 675–680, 2018.

PEREIRA, R.F. **Análise do Deepwater Horizon Blowout: Aplicação dos Métodos Fram e Stamp**, 2016. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2016.

PONTES JÚNIOR, G.P. **Gerenciamento de riscos baseado em Fatores Humanos e cultura de segurança: estudo de caso de simulação computacional do comportamento humano durante operação de escape e abandono em instalações offshore.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

QESHMY, D. E. et al. *Managing human errors: Augmented reality systems as a tool in the quality journey. Procedia Manufacturing*, v. 28, p. 24–30, 2019.

RADEMAEKER, E. DE et al. *A review of the past, present and future of the European loss prevention and safety promotion in the process industries. Process Safety and Environmental Protection*, v. 92, n. 4, p. 280–291, 2014.

REASON, J. *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press. 1990.

REIS, A.D.C. **Análise da atividade cognitiva do operador de sala de controle da produção de controle da produção de petróleo on-shore: uma abordagem da ergonomia para atividade.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação Engenharia da Produção Mestrado em Ciências de Engenharia de Produção.

ROSTAMABADI, A. *et al.* **A novel Fuzzy Bayesian Network approach for safety analysis of process systems; An application of HFACS and SHIPP methodology.** *Journal of Cleaner Production*, v. 244, p. 118761, 2020.

SCAFÀ, M. *et al.* **How to improve worker's well-being and company performance: A method to identify effective corrective actions.** *Procedia CIRP*, v. 81, p. 162–167, 2019.

SANTOS, I.J.A.L. **Apresentações aula de Confiabilidade.** Curso de Confiabilidade. Programa de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

SANTOS, I.J.A.L. **Apresentação aula 3 de Fatores Humanos.** Curso de Fatores Humanos e Ergonomia Cognitiva. Programa de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

SANTOS, L.F.M. **Indicadores proativos de segurança de processo em instalações de armazenamento e transporte dutoviário de petróleo e derivados: construção de um painel de indicadores.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica & Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

SCHMIDT, Maria Luiza Gava; CASTRO, Matheus Fernandes de; CASADORE, Marcos Mariani (org). **Fatores psicossociais e o processo saúde/doença no trabalho: aspectos teóricos, metodológicos, interventivos e preventivos.** São Paulo: FiloCzar, 2018.

SCHMITZ, P. *et al.* **Mechanical integrity of process installations: Barrier alarm management based on bowties.** *Process Safety and Environmental Protection*, v. 138, p. 139–147, 2020.

SCHMITZ, P. *et al.* **Process safety indicators, a review of literature.** *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, v.40, n. January, 2019, p.162-173,2015.

SELVIK, J.T.; BELLAMY, L.J. **Addressing human error when collecting failure cause information in the oil and gas industry: A review of ISO 14224:2016.** *Reliability Engineering and System Safety*, v.194, n. January 2019, p.106418,2020.

SILVA, Carlos Plácido da; PASCHOARELLI, Luís Carlos (org). **A evolução histórica da ergonomia no mundo e seus pioneiros.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.

STRAND, G. O.; LUNDTEIGEN, M. A. **Human factors modelling in offshore drilling operations.** *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, v. 43, p. 654–667, 2016.

ST. JOHN, M.F. *Cognitive Bowties: a new approach to analyzing human factors in process control. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, v.2017 – October, p.217-221, 2017.

STEMN, E. et al, *Failure to learn from safety incidents: Status, challenges and opportunities. Safety Science*, v.101, n. March, 2017, p.313-325, 2018.

SWUSTE, P. et al. *Process safety indicators, how solid is the concept? Chemical Engineering Transactions*, v. 77, p. 85–90, 2019.

TABIBZADEH, M.; MESHKATI, N. *Learning from the BP Deepwater Horizon accident: Risk analysis of human and organizational factors in negative pressure test. Environment Systems and Decisions*, v. 34, n. 2, p. 194–207, 2014.

TAYLOR, C.; ØIE, S; GOULD, K. *Lessons learned from applying a new HRA method for the petroleum industry. Reliability Engineering and System Safety*, v.194, n. October, p. 106276, 2020.

TEPERI, A.; PURO, V.; RATILAINEN, H. *Applying a new human factor tool in the nuclear energy industry. Safety Science*, v. 95, p. 125–139, 2017.

Tipos de Plataforma. Disponível em: <http://construcaonaval-2013-1.blogspot.com/2015/04/tipos-de-plataformas-de-petroleo.html> , acesso em 6/8/2023.

ULINSKAS, M. et al. *Recognition of human daytime fatigue using keystroke data. Procedia Computer Science*, v. 130, p. 947–952, 2018.

VERSCHOOR, E. A.; ZITMAN, F. *Opportunities to enhance barrier management through incident analysis. Chemical Engineering Transactions*, v. 77, p. 739–744, 2019.

VIDAL, M. C. **Introdução à Ergonomia.** Curso de Especialização em Ergonomia Contemporânea do Rio de Janeiro, Fundação COPPETEC. Disponível em <http://www.ergonomia.ufpr.br/Introducao%20a%20Ergonomia%20Vidal%20CESERG.pdf> , acesso em 7/8/2023.

WARTCHOW, Martina. Antecipando Problemas – Projeto ergonômico na concepção de postos de trabalho, de processos ou mesmo de equipamento evita doenças e acidentes ocupacionais e contribui para a produtividade da empresa. **Revista Proteção**, São Paulo, 331, p.44-57, julho, 2019.

WOLNOWSKA, A. E.; KONICKI, W. *Multi-criterial analysis of oversize cargo transport through the city, using the AHP method. Transportation Research Procedia*, v. 39, n. 2018, p. 614–623, 2019.

YANG, X; HAUGEN, S.; LI, Y. *Risk influence frameworks for activity-related risk analysis during operation: A literature review. Safety Science*, v.96, p.102-116, 2017.

YAZDI, M. *The Application of Bow-Tie Method in Hydrogen Sulfide Risk Management Using Layer of Protection Analysis (LOPA). Journal of Failure Analysis and Prevention*, v. 17, n.2, p. 291-303, 2017.

ZAREI, E. *et al. Safety Assessment of Process Systems using Fuzzy Extended Bow Tie (FEBT) Model. Chemical Engineering Transactions*, v. 77, p. 1027–1032, 2019.