

## ANÁLISE DE CONFIABILIDADE HUMANA DE UMA OPERAÇÃO DE TESTE DE POÇO ONSHORE

Caroline Pinheiro Maurieli de Moraes <sup>1</sup>, Elson Meneses Correia <sup>2</sup>  
Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

### RESUMO

O regulamento técnico ANP n° 43/2007 (sistema de gerenciamento de segurança operacional em plataformas de produção e exploração de óleo e gás, SGSO) dispõe que a metodologia de análise de risco deve considerar fatores humanos. Todavia, ainda existem dúvidas da indústria de óleo & gás no Brasil de como atender esse requisito regulatório. De acordo com o entendimento de outros órgãos reguladores internacionais e outros setores da indústria, a metodologia mais adequada seria a análise de confiabilidade humana, uma vez que considera a avaliação sistemática dos fatores humanos.

Existem atualmente mais de 70 métodos disponíveis de análise de confiabilidade humana, alguns mais adaptáveis para a indústria de óleo & gás. O órgão regulador de segurança do Reino Unido (HSE) propôs em 2009 um guia para orientar o mercado inglês quais métodos seriam aceitos em seus estudos de risco. Porém, novos métodos surgiram após esta data, dentre eles um adaptado especialmente para a indústria de óleo & gás - o Petro-HRA. Este artigo se propõe a criticar este método utilizando os mesmos critérios do HSE, e testá-lo através de um estudo de caso.

O estudo de caso trata da operação para teste de poços onshore (em campos terrestres de produção de óleo e gás), um procedimento crítico para segurança e meio ambiente. A operação é composta de diversas tarefas críticas para segurança onde algumas interfaces com o sistema podem induzir ao erro humano, como por exemplo o posicionamento das válvulas em um manifold de produção. O objetivo desta avaliação é a de testar o novo método frente a outros mais consolidados (como o HEART), não só comparando os resultados mas também a facilidade de uso de acordo com os recursos das empresas reguladas, que variam entre pequeno e grande porte.

### 1. INTRODUÇÃO

Ainda existem dúvidas na comunidade de risco no Brasil de como considerar fatores humanos nas análises de risco, sejam elas na fase de projeto ou na fase operacional. Na indústria de óleo & gás offshore, este tema é regulamentado pelo SGSO (sistema de gerenciamento de segurança operacional em plataformas de produção e exploração de óleo e gás no Brasil), regulamento técnico anexo à Resolução ANP n° 43/2007 [1], que dispõe que a metodologia de análise de risco deve considerar fatores humanos (item 12.3.e). De acordo com o entendimento de outros órgãos reguladores internacionais e outros setores da indústria, a metodologia mais adequada seria a análise de confiabilidade humana (também conhecida em inglês como *human reliability analysis*, HRA), uma vez que considera a avaliação sistemática dos fatores humanos, através de um modelo de como os fatores influenciadores de desempenho influenciam e desencadeiam o erro humano. Todavia, de acordo com relatos dos fiscais da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) que auditam o SGSO, na amostragem realizada nas 367 auditorias de SGSO nos últimos 6 anos [2], em apenas duas delas foi verificado o uso desta técnica relacionado às análises de risco.

Não é por falta de métodos disponíveis: existem atualmente mais de 70 métodos de análise de confiabilidade humana, alguns mais adaptáveis para a indústria de óleo & gás do que outros. O órgão regulador de segurança do Reino Unido (HSE) propôs em 2009 um guia para orientar o mercado inglês quais métodos seriam aceitos em seus estudos de risco [3]. Além destes, novos métodos relevantes surgiram após esta data, como o FRAM [4] e o Petro-HRA [5] – este último desenvolvido na Noruega e adaptado de um método já existente especialmente para a indústria de óleo & gás.

Partindo do pressuposto de que o mercado de óleo & gás brasileiro não usa análise de confiabilidade humana por falta não só de conhecimento mas também de clareza quanto ao requisito do regulamento técnico, técnicos da ANP atualmente analisam o eventual impacto regulatório da inserção desta exigência na revisão do regulamento SGSO [6]. Por este motivo, este artigo pretende auxiliar nessa análise, avaliando e experimentando novos métodos cuja aceitação ainda não está registrada por outros órgãos reguladores. A seção

<sup>1</sup> PhD, Engenheira Química, Especialista em Regulação - ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, Assessor Técnico de Segurança Operacional - ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

2 do presente artigo (metodologia) se propõe a criticar o método Petro-HRA utilizando os mesmos critérios da publicação do HSE, e a seção 3 (resultados) pretende testá-lo através de um estudo de caso. A seção 4 propõe uma discussão mais detalhada dos resultados obtidos e a seção 5 uma conclusão sobre a utilidade do trabalho para a comunidade de riscos e confiabilidade no Brasil.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Critérios de aceitabilidade de análise de confiabilidade humana utilizados pelo órgão regulador HSE-UK

Dos 72 métodos analisados, o HSE considerou apenas 34 como ferramentas relevantes de análise de confiabilidade humana, e destas, apenas 17 foram consideradas para atendimento às suas diretrizes regulatórias para prevenção de grandes acidentes (“major hazard directorates”). Em outras palavras, para a aprovação das análises de risco de estudos enviados para o órgão regulador com o objetivo de licenciamento de instalações para operação (“safety cases”), apenas 17 métodos seriam aceitos: THERP, ASEP, HEART, SPAR-H, ATHEANA, CREAM, API, PC, SLIM-MAUD, HRMS, JHEDI, INTENT, CAHR, CESA, CODA, MERMOS e NARA [3]. Em suma, o critério utilizado pelo HSE foi o de verificar se as seguintes informações poderiam ser coletadas de literatura publicada: origens da ferramenta, descrição da ferramenta, validação, uso em um setor e aplicabilidade para outros setores, recursos necessários para completar uma análise, disponibilidade da ferramenta e suporte. Para cada método, os autores também incluíram suas opiniões sobre os prós e contras, assim como outras informações da literatura publicada e páginas da web. A descrição sobre cada elemento pode ser encontrada no apêndice B da referência [3], traduzido no texto em itálico na Tabela 1.

### 2.2 Avaliação do Petro-HRA conforme critérios utilizados pelo órgão regulador HSE-UK

O Petro-HRA é uma adaptação do método de análise de confiabilidade humana SPAR-H (*Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis*), que foi originalmente desenvolvido para aplicações nucleares, conforme referência [7]. Como a publicação do HSE foi lançada em 2009 e o Petro-HRA foi lançado em 2017, ainda não há registros da opinião do HSE sobre o método. Algumas experiências da indústria já foram relatadas na indústria de óleo e gás norueguesa [8]. Por este motivo, a Tabela 1 fornece uma avaliação dos autores deste artigo para o método Petro-HRA sobre cada um dos elementos de revisão adotados pelo HSE.

Tabela 1. Aplicação ao Petro-HRA dos mesmos elementos de análise dos métodos de análise de confiabilidade humana utilizada pelo HSE-UK

Informações factuais (informações coletadas da literatura publicada)	
Origens da ferramenta	<p><i>Autores/ instituição/ companhia/ data</i></p> <p>Autores: Andreas Bye (<i>Institute for Energy Technology</i>, IFE), Claire Blackett (IFE), Karin Laumann (Norwegian University of Science and Technology, NTNU) e Martin Rasmussen Skogstad (NTNU).</p> <p>Data: Janeiro de 2017</p> <p>&lt;&lt;falta revisar texto em azul&gt;&gt;</p> <p>A etapa de quantificação de erro humano foi adaptada do método SPAR-H (<i>Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis</i>), que foi originalmente desenvolvido para aplicações nucleares, conforme referência [7].</p> <p>A ferramenta também se utiliza dos métodos <i>análise hierárquica de tarefa crítica</i> (HTA) e <i>análise de tarefas em tabela</i> (TTA) para a análise qualitativa que precede e justifica as etapas quantificação e redução do erro humano, conforme referências [9] e [10]. O método de análise temporal (<i>timelime analysis</i>) também foi descrito, mas sem referência bibliográfica explícita, apesar de ser de conhecimento dos autores do presente artigo de que este se encontra descrito também em [10].</p>

<p>Descrição da ferramenta</p>	<p><i>Base declarada do autor para a ferramenta</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>O que o autor afirma oferecer com a ferramenta</i></li> <li>• <i>Base “mecânica” para a ferramenta:</i></li> <li>• <i>O escopo</i></li> <li>• <i>Abordagem</i></li> <li>• <i>Informações sobre o modelo que embasa o método (underlying model of the method):</i></li> </ul> <p>&lt;&lt;falta revisar texto em azul&gt;&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada PSF possui vários níveis com multiplicadores correspondentes.</li> <li>• Uma probabilidade de erro humano (HEP) é calculada a partir dos valores nominais, dos níveis escolhidos e dos multiplicadores correspondentes.</li> <li>• O HEP fornece informações sobre a probabilidade do(s) operador(es) falharem na ação ou etapa da tarefa analisada.</li> <li>• Se todas as classificações de PSFs forem nominais, a probabilidade de erro humano da tarefa = 0,01</li> <li>• Caso contrário, a probabilidade de erro humano (HEP) = 0,01 x multiplicador de tempo x multiplicador de estresse x multiplicador de complexidade de tarefa x multiplicador de experiência / treinamento x multiplicador de procedimentos x multiplicador de interface homem-máquina x multiplicador de atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão x multiplicador de trabalho em equipe x físico multiplicador de ambiente de trabalho.</li> <li>• Se um (ou mais) PSFs tem o valor HEP = 1 (aparece na tabela sumário como “HEP=1”, e não apenas como “1”), então o PEH de toda a tarefa deve ser definido como 1, independentemente de quaisquer outros multiplicadores para os outros FIDs. Nesse caso, este PSF é considerado um forte <i>driver</i> de desempenho e a tarefa certamente falhará.</li> </ul> <p>Para cada tarefa quantificada, o analista deve ajustar o valor caso seja encontrado um HEP muito baixo ou um HEP maior que 1. Se uma probabilidade de falha (HEP) maior que 1 for encontrada, a probabilidade de falha deve ser definida como 1. O HEP mais baixo que deve ser dado em um único evento ou tarefa é 0,00001 ou 10<sup>-5</sup>, uma vez que qualquer PEH menor do que este terá o mínimo impacto na OAET geral. Este é o mesmo conselho dado em Whaley et al. (2011).</p> <p>Uma das maiores diferenças na adaptação do SPAR-H para Petro-HRA é que o erro humano cognitivo e o erro de execução possuem o mesmo valor: 10<sup>-2</sup>.</p> <p><i>Do SPAR-H do guia HSE – verificar o que Petro-HRA tem de diferente:</i></p> <p>Byes et al report that Petro-HRA does the following (same as SPAR-H):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Decomposes probability into contributions from diagnosis failures and action failures;</li> <li>• Accounts for the context associated with human failure events (HFEs) by using performance shaping factors (PSFs), and dependency assignment to adjust a base-case HEP;</li> <li>• Uses pre-defined base-case HEPs and PSFs, together with guidance on how to assign the appropriate value of the PSF;</li> <li>• Employs a beta distribution for uncertainty analysis, which can mimic normal and log normal distributions, but it has the advantage that probabilities calculated with this approach range from 0 to 1; and</li> <li>• Uses designated worksheets to ensure analyst consistency.</li> </ul> <p>The Petro-HRA method assigns human activity to one of two general task categories: action or diagnosis.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Action tasks – carrying out one or more activities indicated by diagnosis, operating rules or written procedures. For example, operating equipment, performing line-ups, starting pumps, conducting calibration or testing, carrying out actions in response to alarms, and other activities performed during the course of following plant procedures or work orders. (<del>Generic error rate of 0.001</del>)</li> <li>• Diagnosis tasks – reliance on knowledge and experience to understand existing conditions, planning and prioritising activities, and determining appropriate courses of action. (<del>Generic error rate 0.01</del>)</li> </ul> <p>Uma das maiores diferenças na adaptação do SPAR-H é que enquanto no SPAR-H a probabilidade <b>básica</b> de erro humano cognitivo é considerado como <b>0,01</b> e a <b>probabilidade de</b> erro de execução possui o valor de 0,001, no Petro-HRA, ela possui o mesmo valor: 0,01. O motivo desta diferença é</p>
--------------------------------	--

	<p>que a separação entre diagnóstico (cognição) e tarefas de ação em SPAR-H não está incluída no método Petro-HRA porque seus criadores consideraram que todas as tarefas são uma combinação de diagnóstico e ação.</p> <p>The base error rates for the two task types associated with the SPAR-H method were calibrated against other HRA methods. They are said to represent the top-level distinction between tasks that are often used in HRA.</p> <p>Eight PSFs were identified as being capable of influencing human performance and are accounted for in the SPAR-H quantification process. The potential beneficial influence, as well as the detrimental influence, of these factors is included in the method. PSFs are:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Available time</li> <li>• Stress and stressors</li> <li>• Experience and training</li> <li>• Complexity</li> <li>• Ergonomics &amp; Human Machine Interface)</li> <li>• Procedures</li> <li>• Fitness for duty</li> <li>• Work processes</li> </ul> <p>When developing the basic SPAR H model, only three of the eight PSFs are evaluated: time available, stress and stressors, and complexity. The remaining five PSFs are generally considered to be event, plant or personnel specific and would be evaluated when a plant specific model is being developed.</p> <p>SPAR H is also reported to address dependency (described as the negative influence of a human error on subsequent errors as influenced by crew numbers, time, location and cues). The ratings of the various combinations of dependency contributory factors were examined and given a rating based on their combined effect on dependency among tasks, these correspond to zero, low, moderate, high or complete dependency among tasks.</p> <p>A major component of the SPAR H method is the SPAR H worksheet, which simplifies the estimation procedure. The process for using the worksheet differs slightly, depending on whether the analyst is using the method to build SPAR models, perform event analysis, or perform a more detailed HRA analysis. HEPs are determined by multiplicative calculation (i.e. Probability task failure x PSF1 X PSF2 x PSF3 and in previous versions of the SPAR H method, it was possible to assign PSF levels that can result in a calculation of a mean that would be numerically larger than one. The worksheet, which accompanies the latest version, includes an adjustment factor to avoid probability estimates greater than one.</p> $HEP = \frac{NHEP \cdot PSF_{composite}}{NHEP \cdot (PSF_{composite} - 1)}$
Validação	<p><i>A validação científica não estará disponível para todas as ferramentas. Portanto, a evidência de um processo de "validação" mais amplo e menos rigoroso será incluída (por exemplo, revisão por pares, comparação com dados de outras ferramentas e uso extensivo da ferramenta) como evidência de que a ferramenta fornece informações significativas / úteis / relevantes. A 'maturidade' da ferramenta também será levada em consideração. Isso será evidenciado por informações disponíveis para mostrar a aceitabilidade / utilidade do método. Se não formos capazes de encontrar evidências de que a ferramenta foi usada além do processo de desenvolvimento, então não é possível verificar a utilidade da ferramenta dentro do escopo de trabalho atual.</i></p> <p>&lt;&lt;falta revisar texto em azul&gt;&gt;</p> <p>A princípio, a técnica poderia ser considerada validada uma vez que nasce do SPAR-H [7] que já está validado. Todavia, a validação do SPAR-H foi feita através de banco de dados obtidos na indústria nuclear.</p>
Uso em um setor / aplicabilidade para outros setores	<p><i>Serão coletadas informações sobre se a ferramenta é aplicável para uso intersetorial do HSE-UK, tem potencial para uso intersetorial ou é aplicável apenas a um <b>setor de risco maior</b>. Quaisquer ferramentas que afirmem explicitamente que são aplicáveis apenas a um setor e que esse setor não é um <b>setor de risco grave</b> serão excluídas.</i></p> <p>&lt;&lt;falta revisar texto em azul&gt;&gt;</p> <p>Adaptada para aplicação na indústria de óleo &amp; gás, especialmente na exploração e produção offshore.</p>

	<p>( ) verificar se está escrito no guia sobre aplicabilidade em outros setores</p> <p>( ) verificar se está escrito na referência [8] sobre aplicabilidade em outros setores</p>
Recursos necessários para completar uma análise	<p><i>Detalhes sobre o número de avaliadores, nível de especialização, requisitos de dados e informações e treinamento necessário serão coletados onde for possível.</i></p> <p>&lt;&lt;falta revisar texto em azul&gt;&gt;</p> <p>( ) verificar se está escrito no guia</p> <p>( ) verificar se está escrito na referência [8]</p> <p>( ) Será verificado no estudo de caso</p>
Disponibilidade da ferramenta e suporte	<p><i>Serão coletadas informações sobre a disponibilidade da ferramenta (ou seja, é uma ferramenta proprietária ou está disponível gratuitamente etc.).</i></p> <p>&lt;&lt;falta revisar texto em azul&gt;&gt;</p> <p>Ferramenta é gratuita (guia sugerido é de fácil aplicação e não necessita de software específico).</p> <p>( ) verificar o que está escrito no guia <b>sobre suporte</b></p> <p>( ) verificar o que está escrito na referência <b>sobre suporte</b> [8]</p> <p>Apesar do guia não citar nada específico sobre suporte, uma das autoras deste artigo escreveu para o autor principal e este respondeu no mesmo dia.</p>
Referências usadas para o resumo	<p><i>Uma lista de todas as referências usadas para fornecer as informações factuais será incluída.</i></p> <p>Guia Petro-HRA, disponível na página do <i>Institute for Energy Technology</i> (IFE), em <a href="https://ife.no/en/project/the-petro-hra-project/">https://ife.no/en/project/the-petro-hra-project/</a> [5].</p> <p>Artigo científico <i>Lessons learned from applying a new HRA method for the petroleum industry</i>, disponível em <a href="https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.10.001">https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.10.001</a> [8].</p>
<b>Opinion (a mixture of information from published literature/ web pages etc. and the opinion of the HSL project team members. References are provided where appropriate.):</b>	
Pros and cons	<p><i>Estes serão baseados em pesquisas publicadas, mas podem incluir comentários da equipe do projeto HSL. É reconhecido que esta seção será influenciada pela perspectiva do usuário / autores.</i></p> <p>(Nota dos autores da ANP: o HSL era o nome dado ao braço técnico da HSE-UK. No caso deste artigo, a opinião é dado pelos autores da ANP)</p> <p>&lt;&lt;falta revisar texto em azul&gt;&gt;</p> <p>( ) estudo de caso</p> <p>( ) citar diálogo com autores sobre uso de árvore de falhas ao invés de somente a árvore de eventos citado no guia.</p>
Related methods	<p><i>Informações se a ferramenta está ligada a outras (por exemplo, outras ferramentas usadas para informar o desenvolvimento da nova ferramenta, se ela é mais bem usada em conjunto com outra ferramenta, etc.)</i></p> <p>SPAR-H</p> <p>análise hierárquica de tarefa crítica (HTA) [9] e [10]</p> <p>análise de tarefas em tabela (TTA) [9] e [10]</p> <p>análise temporal (<i>timeline analysis</i>) [10].</p>

### 2.3 Avaliação do Petro-HRA conforme estudo de caso

Este artigo se propõe a não só avaliar o método utilizando os mesmos critérios do HSE, mas também testá-lo através de um estudo de caso. O objetivo desta avaliação é a de testar o novo método frente a outros mais consolidados também testados pela equipe, não só comparando os resultados mas também a facilidade de uso de acordo com os recursos de empresas tanto de grande quanto de pequeno porte.

### 2.4 Descrição do caso



A resolução conjunta ANP/INMETRO N° 1 DE 10/06/2013 [11] estipula que todos os poços de produção tenham sua produção de petróleo e gás natural medidas separadamente, durante a fase de produção de um campo. Tais operações demandam uma interação dos operadores com o sistema. Este artigo analisa as tarefas críticas executadas por operadores de campos terrestres para alinhamento das linhas de produção de cada poço para o tanque de teste.

O estudo de caso trata da operação para teste de poços onshore (em campos terrestres de produção de óleo e gás), um procedimento crítico para segurança e meio ambiente. A operação é composta de diversas tarefas críticas para segurança onde algumas interfaces com o sistema podem induzir ao erro humano, como por exemplo o posicionamento das válvulas em um manifold de produção.

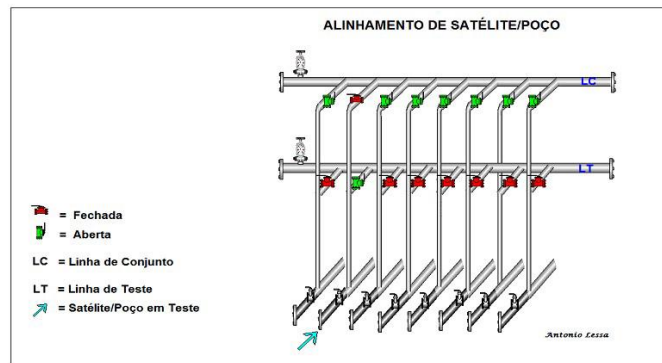


Figura 1. Alinhamento de satélite poço (REFAZER FIGURAS citadas no item 6)

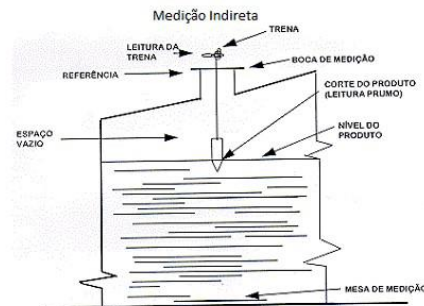


Figura 2. Medição direta e indireta do tanque (REFAZER FIGURA)

#### 2.4.1 Processo de análise de confiabilidade humana

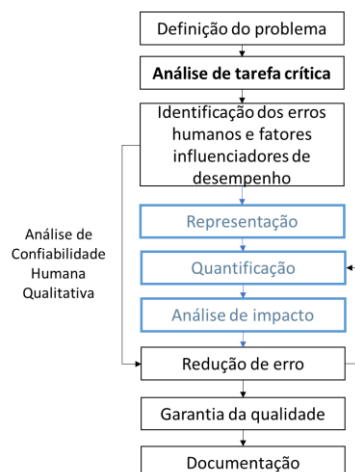


Figura 3. processo de análise de confiabilidade humana (adaptada e traduzida de [9])

### 2.4.2 Análise de tarefa crítica

Para aplicação do Petro-HRA, a análise hierárquica de tarefas é a mais indicada para fazer a análise qualitativa que precede a parte quantitativa. Além do procedimento sugerido pelo próprio Petro-HRA também pode-se utilizar o guia mais detalhado do Energy Institute e IOGP [xx]. Todavia, alguns PSFs como “tempo” e “interface homem-máquina” podem necessitar de outros métodos de análise de tarefa crítica existente: por exemplo o “timeline analysis” e o “link analysis”. Além do guia sumarizado do Energy Institute, maiores detalhes podem ser encontrados no livro [xx].

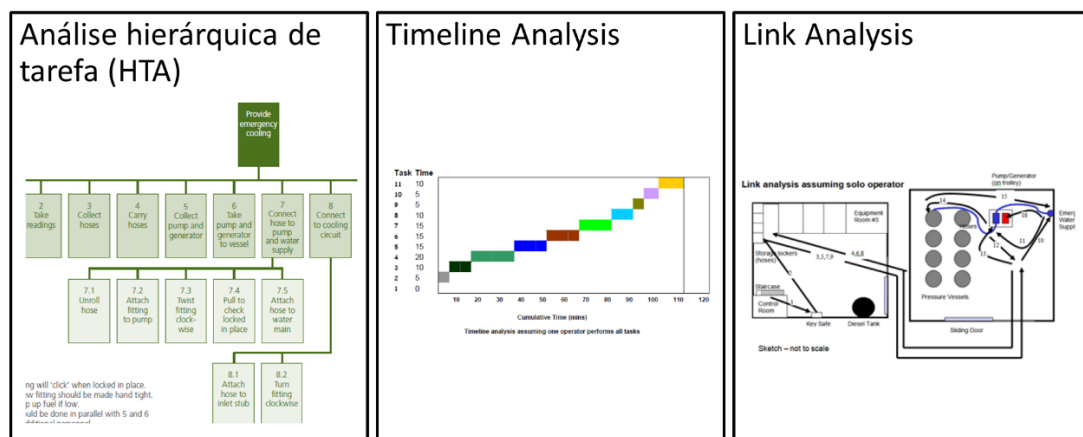


Figura 4. Tipos de análise de tarefa crítica aplicáveis a este estudo de caso.

Fonte das figuras: Energy Institute, Task Analysis, Human Factors Briefing note n°11

Observa-se que, para demonstração deste estudo de caso, não foram feitas a “timeline analysis” nem a “link analysis”, uma vez que o acesso à planta seria necessário. Todavia estes são recomendados para um trabalho futuro e, principalmente, em uma análise real realizada pela indústria.

### 2.4.3 Identificação dos erros humanos

Tabela 2. Erros de execução e de cognição do Petro-HRA adaptados do método SPAR-H

Erros de Ação	Erros de Verificação ( <i>checking</i> )
A1 - Operação muito longa/muito curta	V1 – Verificação omitida
A2 - Operação em momento errado	V2 – Verificação incompleta
A3 - Operação na direção errada	V3 – Verificação certa em objeto errado
A4 - Operação com muita ou pouca força	V4 – Verificação errada em objeto certo
A5 – Desalinhar	V5 – Verificação no momento errado
A6 - Operação correta no objeto errado	V6 – Verificação errada no objeto errado
A7 - Operação errada no objeto certo	<b>Erro de aquisição</b>
A8 - Operação omitida	R1- Informação não obtida
A9 - Operação incompleta	R2- Informação errada obtida
A10 - Operação errada no objeto errado	R3- Informação incompleta
<b>Erros de comunicação de informação</b>	<b>Erro de seleção</b>
I1- Informação não comunicada	S1 – Seleção omitida
I2- Informação errada comunicada	S2 – Seleção errada feita
I3- Comunicação de informação incompleta	

Tabela 3. Erros de decisão exclusivos do Petro-HRA

Erros de decisão
D1 – Decisão correta baseada em informação errada / ausente
D2 – Decisão incorreta baseada em informação certa
D3 – Decisão incorreta baseada em informação errada / ausente
D4 – Falha em tomar uma decisão (empasse)

#### 2.4.4 Identificação dos fatores influenciadores de desempenho

Tabela 4. Fatores influenciadores de desempenho do Petro-HRA (PSFs)

1) Tempo
2) Estresse
3) Complexidade da Tarefa
4) Experiência / Treinamento
5) Procedimentos
6) Interface Homem-Máquina
7) Atitudes em relação à segurança, trabalho e suporte de gestão
8) Trabalho em equipe
9) Ambiente físico de trabalho

#### 2.4.5 Identificar e descrever as prováveis consequências do erro

Esta etapa é do Petro-HRA, não é comum a todas as análises de confiabilidade humana. Ela não será feita nesse estudo de caso. Nela, se classifica a provável consequência do erro: *consequência direta* (onde uma consequência de um erro que pode causar diretamente o evento de falha humana), *consequência indireta* (a consequência de um erro que pode causar indiretamente o evento de falha humana, por exemplo em combinação com outros erros), *sem consequência* (uma consequência de um erro sem efeito no evento de falha humana – normalmente, esses erros são excluídos da análise neste ponto da árvore de falhas ou de eventos, pois não é necessário analisá-los mais).

#### 2.4.6 Avaliar as oportunidades de recuperação

Esta etapa é do Petro-HRA, não é comum a todas as análises de confiabilidade humana. Ela não será feita nesse estudo de caso. Nela, se classifica as oportunidades de recuperação entre: *alto potencial de recuperação*, *potencial de recuperação médio* e *baixo ou nenhum potencial de recuperação*.

#### 2.4.7 Representação

O Petro-HRA sugere a árvore de eventos. Todavia, neste estudo de caso utilizamos a árvore de falhas. Uma consulta foi feita ao autor principal do método e este concorda que não há problemas <<complementar com texto enviado pelo Andreas>>.

#### 2.4.8 Quantificação

A quantificação é realizada através do preenchimento da planilha apresentada na Tabela 5, para cada sub tarefa levantada na análise de tarefa crítica.

Tabela 5. Tabela de resumo dos fatores influenciadores de desempenho de Petro-HRA

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA	
Instalação	
Data	



ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 1.1		
Cenário do evento de falha humana			
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)			
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicador	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
<i>Available time</i>	<i>Extremely high negative</i>	<b>HEP=1</b>	
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Threat stress</i>	<i>High negative</i>	25	
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Task complexity</i>	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Experience/training</i>	<i>Extremely high negative</i>	<b>HEP=1</b>	
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	15	
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
<i>Procedures</i>	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>High negative</i>	20	
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Human-machine interface (HMI)</i>	<i>Extremely high negative</i>	<b>HEP=1</b>	
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Attitudes to Safety, Work and Management Support</i>	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Teamwork</i>	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
<i>Physical working environment</i>	<i>Extremely high negative</i>	<b>HEP=1</b>	
	<i>Moderate negative</i>	10	

	Nominal	1	
	Not applicable	1	

### 2.4.9 Redução do erro

Este estudo de caso não se aprofunda neste item, mas entende-se que é essencial para análises de confiabilidade humanas reais. A discussão deve envolver uma equipe multidisciplinar.

### 2.4.10 Garantia da qualidade e documentação

Kirwan sugere que a análise de confiabilidade humana precisa ser documentada para futuras conferências e em caso de reanálise em caso de gestão de mudança [9], assim como a comunidade de análise de risco já está acostumada a documentar HAZOPs e HAZIDs/APPs. Petro-HRA propõe a planilha representada na Tabela 6 para documentação.

Tabela 6. Documentação sugerida pelo Petro-HRA, adaptada da análise de tarefa em tabela (TTA)

Task (step) number	Description	Procedure reference.	Cue	Feedback	HMI, displays and controls	Person Responsible	Potential HUMAN error	Likely consequences	Recovery opportunity	Further analysis?	Event tree (or fault tree) reference	Performance Shaping Factors	Assumptions	Notes
SUBTA REFA 1.1														

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Descrição da análise qualitativa

<<falta revisar texto em azul>>

Na Figura 5 e Figura 6, a análise de tarefa crítica da atividade do operador de elevação e de processo.

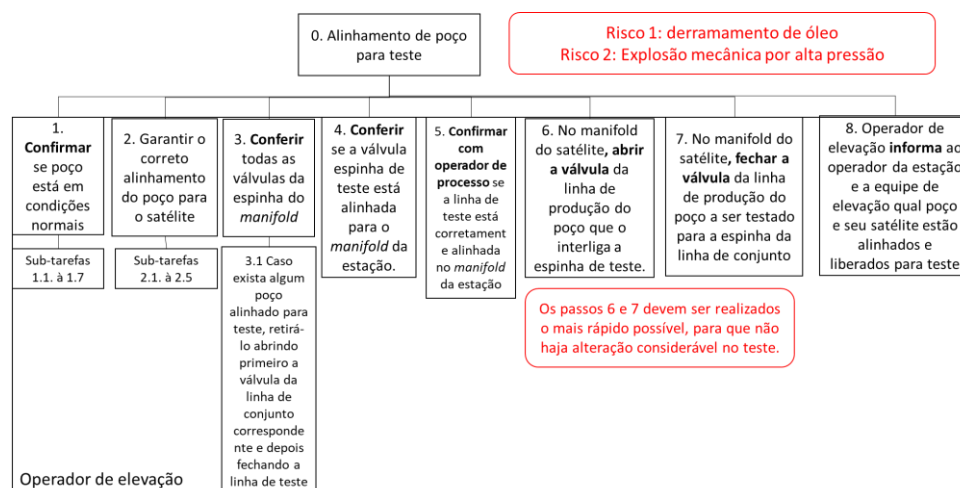


Figura 5. Análise de tarefa crítica do operador de elevação

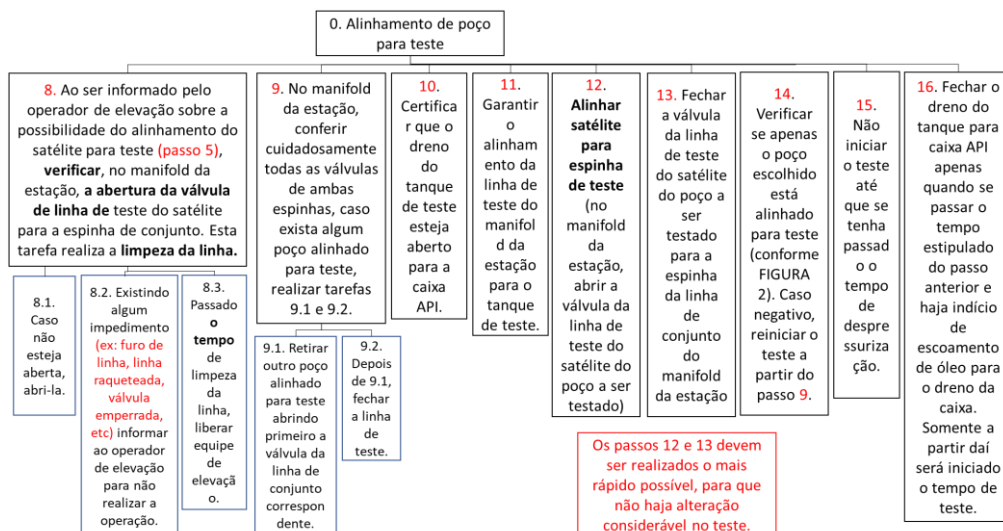


Figura 6. Análise de tarefa crítica hierárquica do operador de processo

<<falta revisar texto em azul>>

A probabilidade de erro humano da tarefa completa é de xxx. Todavia, desmembrando entre a tarefa do operador de elevação do operador de processo, pode-se verificar que a probabilidade do xxx errar é maior do que o yyy. Importante também observar que sem considerar o contexto em que a tarefa é realizada (ou seja, os “performance shaping factors”, a probabilidade de erro do xxx seria maior do que o yyy.

#### 4. DISCUSSÃO

<<falta revisar texto em azul>>

Pode-se observar que o valor inicial do erro humano em Petro-HRA é 10-2, o que é igual ao utilizado em LOPA. Todavia, pode-se verificar no estudo de caso que ao incorporar os PSFs, o erro humano aumenta. Este é um dos motivos da importância da utilização de um método HRA, ao invés de apenas inserir um erro humano como feito em LOPA.

#### 5. CONCLUSÃO

<<falta revisar texto em azul>>

Muito se duvida da necessidade de análise quantitativa para casos simples na indústria de óleo & Gás, todavia foi visto que o Petro-HRA é simples de ser aplicado e o resultado quantitativo possibilita os tomadores de decisão a obter uma ordem de prioridade sobre as medidas a serem tomadas – e quais tarefas devem ser priorizadas.

Este artigo se propôs a criticar este método utilizando os mesmos critérios do HSE, e testá-lo através de um estudo de caso.

#### 6. REFERÊNCIAS:

- [1] ANP, “Resolução ANP 43/2007,” 2007. [Online]. Available: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-43-2007?origin=instituicao&q=resolu%C3%A7%C3%A3o%20anp%2043%202007>.
- [2] ANP, “Painel dinâmico de fiscalização de segurança operacional,” [Online]. Available: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiMjFmODhhNGEtmjFhMy00ZDExLTg3NmMtMmEwYVQxMjZmM2lyliwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTYtNGI0Mi1iN2VmlTEyNGFmY2FkYzkyMjYJ9>. [Acesso em 2021].
- [3] HSE, “Review of human reliability,” 2009. [Online]. Available: <https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr679.pdf>.
- [4] E. Hollnagel, FRAM: the functional resonance analysis method: modelling complex socio-technical systems, CRC Press., 2017.
- [5] IFE, “The Petro-HRA Project,” 2017. [Online]. Available: <https://ife.brage.unit.no/ife-xmlui/handle/11250/2601973>.
- [6] ANP, “Revisão do SGSO,” 2021. [Online]. Available: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/gerenciamento-de-seguranca-operacional-sgso>.

- [7] NRC, "The SPAR-H Human Reliability Analysis Method (NUREG/CR-6883, INL/EXT-05-00509)," 2005. [Online]. Available: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/contract/cr6883/index.html>.
- [8] C. Ø. S. a. G. K. Taylor, "Lessons learned from applying a new HRA method for the petroleum industry," *Reliability Engineering & System Safety*, pp. p.106-276, 2020.
- [9] B. Kirwan, *A Guide to Practical Human Reliability Assessment*, London: Taylor & Francis, 1994.
- [10] B. & A. L. Kirwan, *A guide to task analysis*, Boca Raton: CRC Press, 1992.
- [11] ANP & INMETRO, "RESOLUÇÃO CONJUNTA ANP/INMETRO Nº 1," 10 6 2013. [Online]. Available: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-conjunta-n-1-2013?origin=instituicao&q=1>.