

Pós-Graduação

Segurança de Processos



REQUISITOS DE FATORES E CONFIABILIDADE HUMANOS EM ANÁLISES DE RISCOS

Érica C. B. de Araújo, Hosiberto B. de Sant'Ana, Kleber D. Sobral,
Thiago M. C. de Albuquerque, Ticiania C. Duarte.

RESUMO

As técnicas de análises de riscos de processo, realizadas para atender aos requisitos estabelecidos nos regulamentos técnicos de segurança operacional da agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis (anp), baseiam-se em normas de organizações internacionais às quais adotam convenções e valores baseados em dados estatísticos de diversos setores industriais. a influência do fator humano nas análises de estudos de perigos e operabilidade (do inglês hazard and operability study – hazop) geralmente é obtida por uso de diretrizes estabelecidas pelo centro de segurança de processos químicos (ccps). neste trabalho fez-se uso da metodologia da petro-hra, uma extensão do spar-h (standardized plant analysis risk-human reliability analysis) na análise de quatro cenários oriundos do hazop de uma unidade de produção de gás natural, cujas causas de possíveis falhas partiam de ações humanas. para tal, as orientações dos procedimentos operacionais foram estratificadas em árvores de falhas, aplicando-se os valores estipulados para cada subcategoria, calculando-se as probabilidades de falhas humanas para cada um dos cenários selecionados. estes valores foram comparados e contrastados àquele estabelecido pelo ccps que atribui valor de 10 % para a probabilidade de falha sob demanda atribuída a camadas de proteção humanas, tendo-se obtido valores de probabilidade de falhas humanas entre 1 e 19%, ou seja, na mesma ordem de grandeza. no entanto, tornou-se evidente a necessidade de uma melhor descrição dos procedimentos operacionais de forma, sequencial e objetiva de forma a minimizar possíveis falhas humanas.

Palavras-chave: *confiabilidade humana, hazop, petro-hra, análise de riscos.*

ABSTRACT

Different tools are used for the determination of the probability of failure on demand for scenarios, equipments and critical actions in plant processes. additionally, it is important to know how procedures should be modified or improved to minimize their effect on process accidents. process risk analysis techniques are based on international standards from statistical failure analyses from different industrial area, as established by the national agency for petroleum, natural gas and biofuels. human factors influence on hazard and operability study – hazop come from the ccps regulation, as n-2595 stablished by petrobras. this paper aims to study four different hazop scenarios for human actions from a natural gaz facility by intermediate of petro-hra methodology (an extension from spar-h - standardized plant analysis risk-human reliability analysis). for that, these scenarios were stratified by using a fault tree and the probability of failure on demand was calculated. these values were compared with those given by the ccps for the layer of protection for human factors, i.e., given as 10 %. pdf calculated for the scenarios studied here presented a variation from 1 to 19 %. despite same order of magnitude. it was evident that all operational procedure should be written in a clear, sequential, and objective manner to minimize possible human errors.

Keywords: *Risk analiys, petro-hra, human reliability, hazop.*

1. INTRODUÇÃO

Vários eventos acidentais mundiais, como por exemplo a tragédia de Bhopal em 1984, as catástrofes da Challenger e Chernobyl em 1986, bem como a explosão da plataforma petrolífera de Piper Alpha em 1988, evidenciaram o papel central do operador humano na gênese desses acidentes (ATTWOOD, DEEB & DANZ-REECE, 2004). Estes muitas vezes são tomados como sinônimos de erros na execução de dada tarefa, de uma má gestão de interfaces entre serviços, de problemas com instalações industriais não suficientemente robustas aos erros humanos, bem como de erros na tomada de decisões e organização introduzindo falhas latentes (STANTON et al., 2013; REASON, 2008; WOODS et al., 2010).

Graças à melhoria da confiabilidade técnica sobretudo dos sistemas instrumentados de segurança, ocorre um fenômeno tendencioso de atribuir todo e qualquer não funcionamento de sistemas, geradores de acidentes, a erros de operadores humanos (BAYBUTT, 1996; 2002; e, 2007). Ou seja, o operador é considerado como o ponto fraco do sistema e limitador de performance e segurança, que pode ser revelado pela probabilidade de falha sob demanda atribuída a camadas de proteção independentes (do inglês *IPL – Independent Protection Layer*) humanas de 1.10^{-1} (10 %) pelo Centro de Segurança de Processos Químicos (CCPS), dos Estados Unidos (INSTITUTO AMERICANO DE ENGENHEIROS QUÍMICOS, 2021). O CCPS define IPL como um dispositivo, sistema ou ação que é capaz de impedir que um cenário prossiga para sua consequência indesejada, independente do evento iniciador ou ação de qualquer outra camada proteção associada ao cenário. Ou seja, uma IPL deve é caracterizada pela sua efetividade, independência e auditabilidade.

Em diferentes setores industriais, dados estatísticos mostram que a porcentagem de acidentes oriundos de falhas humanas tem crescido e atingido valores próximos a 80% (BAYBUTT, 2013). E que na grande maioria das vezes está associado a outros fatores, razão pela qual ser de fundamental importância a avaliação de confiabilidade humana. No entanto, na realidade, todos os acidentes podem ser atribuídos ao erro humano, no que tange as etapas de concepção, organização, construção e manutenção das instalações industriais trazendo consequências nefastas para as operações industriais, apesar do progresso tecnológico destas atividades. Por este motivo, cabe uma análise mais criteriosa no que tange aspectos relacionados à IPL's humanas e confiabilidade humana, tendo por foco a comparação e contraste dos limites estabelecidos entre ambas as vertentes,

buscando uma melhor caracterização do erro humano (BAYBUTT, 2013). Muitos autores têm proposto a avaliação da associação existente entre os erros humanos e fatores organizacionais e tecnológicos (MOURA et al., 2016).

Assim, o objetivo deste trabalho será o de avaliar as *IPL's* humanas citadas como salvaguardas ou recomendadas para mitigar/bloquear cenários de acidentes de processos, a partir de Estudos de Riscos e Operabilidade (do inglês *HAZOP – Hazard and Operability Studies*) e da Análise de Camada de Proteção (do inglês *LOPA – Layer of Protection Analysis*), no contexto da indústria petrolífera, especificamente em unidade de processamento de gás natural.

A probabilidade de falha das *IPL's* humanas serão avaliadas pelo método Petro HRA (BYE et al., 2016; BYE et al., 2017), que levará em consideração a recomendação da atuação humana como IPL, oriundas dos HAZOP e das LOPA, e as sequências citadas nos padrões operacionais.

Esse trabalho nos permitirá avaliar a eficácia das sequências operacionais descritas nos padrões, que foram recomendadas como *IPL's* nos HAZOP's.

Embora a probabilidade de falha humana (atuação do operador a alarmes) seja estimada pelo CCPS, bem como na N-2595 – norma interna adotada pela Petróleo Brasileiro S.A., que toma por base diversas diretrizes internacionais, esta é feita com base em estatísticas sem levar em consideração particularidades dos aspectos culturais, organizacionais, contextuais e tecnológicas durante a execução das tarefas.

Convém salientar que para a realização deste trabalho foi necessária a adoção das seguintes premissas:

- Os erros de projeto, quer se trate de falhas de especificação de materiais, quer de falhas cometidas durante a etapa de construção e montagem ou ainda falhas inseridas nos sistemas durante as intervenções para manutenção ou testes das instalações, equipamentos ou sistemas não foram consideradas como falhas humanas.
- Os erros de programação ou de modificação de *softwares* de sistemas supervisorio, de sistemas automáticos de controle ou de sistemas instrumentados de segurança e seus elementos, como executores de lógica também não foram considerados como falhas humanas.
- Por questões de proteção da informação dos cenários-problema aqui analisados, bem como com o objetivo de preservar a empresa e a instalação estudadas, não serão fornecidos dados referentes a nome da instalação de

produção, nem tampouco códigos dos documentos ou qualquer logomarca que possa vincular ao cenário selecionado.

- Aqui foram considerados os cenários de HAZOP. Assim, os riscos considerados são aqueles oriundos dos processos, assim como potenciais problemas de operação, ou seja, riscos inerentes às condições de processo ou equipamento originadas por desvios de parâmetros de processo. Desta forma não foram considerados riscos relativos à segurança ocupacional, tais como: proteção auricular, luvas, óculos de segurança, guarda-corpo ou *housekeeping*.
- Os cenários de HAZOP avaliados foram selecionados de diferentes instalações, dentro do mesmo site, de produção de óleo e gás, entre unidades de produção *onshore*.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. APLICAÇÃO DA TÉCNICA HAZOP

O HAZOP é uma técnica de análises de riscos que avalia os efeitos (perda de contenção seguida de incêndios ou explosões) que desvios operacionais (variáveis de processos) tais como: Pressão Maior, Pressão Menor, Temperatura Maior, Temperatura Menor, Fluxo Maior, Fluxo Menor, entre outras, podem causar à planta de processo.

Na Figura 1, abaixo, exemplifica-se a seleção de um cenário proveniente de um HAZOP. Pode-se observar que neste cenário acidental há a descrição de um desvio de parâmetro de processo (Pressão Maior), causado por uma ação humana inapropriada (fechamento indevido de válvula manual), tendo como consequências a possibilidade de ruptura com perda de contenção de gás, incêndio e explosão. Não obstante, também são apresentados os modos de detecção e as salvaguardas, bem como a classificação dos riscos por meio da categorização da frequência do cenário e da severidade das consequências. Deste exemplo, fica evidente que tal cenário atende ao requisito de que uma ação humana inapropriada foi causa iniciadora do cenário (fechamento indevido de válvula manual), conforme predefinição anteriormente descrita.

Nº 3 Das válvulas TCV-121 e manual de entrada do E-120, passando pelos tubos dos trocadores E-120, E-121 e E-122 até a entrada de gás na C-104 e as válvulas LCV-103 A e B.					Desenhos de Referência:								
Evento	Causa	Efeitos	Salvaguardas	Detecções	Freq.	Categoria de				Risco			Recomendações / Observações
						SP	PT	SE	I	SP	PT	SE	
Nível Menor	Falha aberta das LCV-103 A.	Passagem de gás (biowby) para a C-200 passando pelo casco do E-120, levando a descontrolar operacional e possíveis perdas de produção.	NA	- LAG-103 A - alarme de nível baixo no painel - Verificação de nível pelo operador de área no LG-103 A	D	I	I	I	I	T	T	T	
	Falha aberta das LCV-103 B.	Passagem de hidrocarbonetos para o sistema de glicol, podendo ocasionar dispersão de gás em área operacional e princípio de incêndio.	- Resposta do operador ao alarme LAL-103 B (nível baixo de glicol na bota do V-103) conforme PE-300AM-00114	- AL-103 B - alarme de nível baixo na bota do V-103 - Verificação de nível pelo operador de área no LG-103 B	C	III	I	I	III	M	T	M	

Figura 1: Exemplo de seleção de um cenário proveniente de um HAZOP.

Foram selecionados para avaliação 4 (quatro) cenários que se caracterizam pela ação humana como agente de bloqueio do evento acidental, ou seja, aqueles nos quais a ação humana é parte integrante de uma salvaguarda ou IPL, descritos em detalhes no Anexo 1. De acordo com Reason (1990) e Moraes e colaboradores (2019), existem várias classificações para o erro humano, mas as mais conhecidas para a análise estruturada de riscos são:

- (a) Erros de omissão (ausência de qualquer ação) e execução (falha na realização de uma ação).
- (b) Erros de habilidade, procedimento e conhecimento (*skill-rule-knowledge*).
- (c) Esquecimento (*slips and lapses*) e falhas de execução (*rule-based mistakes and knowledge-based mistakes*).

O requisito para a seleção de cenários foi de que as salvaguardas tenham sido baseadas em ação humana sejam efetivamente uma IPL, ou seja, conforme reza a norma N-2595 (ainda a IEC 61511 e a ISA 84), aquelas que “mantém sua função preventiva ou mitigatória de forma independente da causa iniciadora ou da ação de qualquer outra camada de proteção associada ao cenário”. Neste caso, elegemos como requisito, basicamente as IPL que correspondem a Respostas do Operador a Alarmes no Sistema de Supervisão e Controle.

A N-2595 ainda estabelece critérios claros para que a resposta do operador a um alarme no sistema de supervisão e controle (SSC) possa ser considerada como uma Camada de Proteção Independente (IPL). Desta forma, além dos critérios de independência e efetividade, os seguintes requisitos devem ser satisfeitos:

- a) O alarme deve dar uma indicação clara e imediata do cenário para o operador, sem que seja necessário realizar diagnósticos baseados em indicações de outras variáveis de processo.

- b) A ação do operador em resposta ao alarme deve ser suficiente para interromper o cenário em intervalo de tempo inferior ao tempo de segurança do processo relacionado ao cenário considerado.
- c) O alarme deve ser identificado de forma clara como parte de uma IPL na documentação de projeto, notadamente na lista de alarmes e no fluxograma de engenharia, distinguindo-se dos demais alarmes do SSC não considerados IPL's.
- d) A unidade de operação deve possuir um critério de gerenciamento de alarmes e o alarme em questão deve ser priorizado de acordo com este critério.
- e) O operador deve estar sempre presente junto à interface de operação que anuncia o alarme (o que, de um modo geral, impede considerar alarmes no campo como IPL).
- f) Deve haver procedimento operacional definindo a ação específica do operador em resposta ao alarme, sendo que tal procedimento deve ser conhecido e objeto de treinamento periódico por parte dos operadores.

2.2. ANÁLISE DE CONFIABILIDADE HUMANA (ACH)

A análise de confiabilidade humana - *ACH* (do inglês, *Human Reliability Analysis*) tem por objetivo a quantificação da probabilidade de erro humano (BYE et al, 2016; BYE et al., 2017; HEALTH AND SAFETY LABORATORY, 2009; KIRWAN, 2017).

Estes erros são motivados pela interação entre os fatores individuais, tecnológicos e organizacionais, os chamados fatores influenciadores do desempenho humano.

É importante notar que por meio da aplicação de métodos qualitativos de análise de confiabilidade humana, pode-se identificar tais erros, assim como elencar recomendações para suas prevenções e/ou mitigações, além de ser possível a classificação de seus riscos. Já os métodos quantitativos de confiabilidade humana também podem ser aplicados para os mesmos fins que os métodos qualitativos e adicionalmente possibilitam a estimativa das probabilidades de erro humano, de acordo com os fatores de modelagem de desempenho definidos em um cenário específico.

Há muitos métodos para Análise Quantitativa de Confiabilidade Humana descritos na literatura, dentre os quais citam-se:

- CREAM (*Cognitive Reliability and Error Analysis Method*) (HOLLNAGEL, 1998)
- THERP (*Technique for Human error Prediction*) (SWAIN & GUTTMANN, 1983)
- HEART (*Human error assessment and reduction technique*) (WILLIAMS, 1986)
- SPAR-H (*Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis*) (GERTMAN et al, 2005)
- Petro-HRA, pode ser considerado como uma extensão do SPAR-H (Bye et al., 2017)

Os fatores de desempenho no Petro-HRA são todos fatores organizacionais, tecnológicos e inerentes a um indivíduo que podem melhorar ou degradar o desempenho do trabalhador, aumentando ou diminuindo a probabilidade de erro humano (BYE et al, 2017). Na literatura, há muitos termos que designam estes fatores de desempenho. Por exemplo, o termo “fator influenciador de desempenho” (PSF) (*performance shaping factor*) é utilizado pelos métodos THERP, SPAR-H e Petro-HRA; o termo “condição de produção de erro” (EPC) (*error producing condition*) é utilizado pelo método HEART; já o termo “condição de performance comum” (CPC) (*common performance condition*) é empregado pelo método CREAM. Assim, a confiabilidade humana é avaliada segundo estes fatores de performance. A Tabela 1 apresenta uma síntese destes fatores de performance.

Dentre estes métodos, o Petro-HRA, adaptado do SPAR-H, foi desenvolvido para atender especificamente ao setor de óleo e gás. Por este motivo, este método foi o escolhido para a estimativa da probabilidade de erro humano (probabilidade de falha na demanda de barreira baseada em ação humana) neste trabalho.

O método Petro-HRA avalia 9 (nove) fatores influenciadores de desempenho, que interfere no desempenho do operador, seja positiva ou negativamente, a saber:

- 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 à Gestão
- 8) Trabalho em equipe
- 9) Ambiente físico de trabalho

Tabela 1: Análise comparativa dos fatores de desempenho utilizados para avaliação a falha humana pelos métodos CREAM, THERP, HEART, SPAR-H e Petro-HRA

Fator de desempenho	Métodos				
	CREAM	THERP	HEART	SPAR-H	Petro-HRA
Características das atividades		5 PSF externos sobre atividades e equipamentos	EPC-10, 2, 28, 34, 35	1 PSF	PSF-3
Experiência, formação ou competência		1 PSF interno	EPC-15	1 PSF	PSF-4
Adequação entre a tarefa e a competência do operador	CPC-8		EPC-1, 20, 24, 27, 38	1 PSF	
Características físicas e psicológicas do operador		1 PSF interno e 1 PSF estresse	EPC-29, 30	1 PSF	PSF-2
Restrição de tempo	CPC-6	1 PSF estresse	EPC-2	1 PSF	PSF-1
Fator ergonômico, ambiental e interface homem-máquina	CPC-2, 3	4 PSF externos sobre situação e sobre atividade e equipamentos, 1 PSF estresse	EPC-6, 22, 23, 33	1 PSF	PSF-6, 10
Organização, equipamento e efetivos	CPC-1, 7, 9	4 PSF externos sobre situação e sobre atividade e equipamentos, 1 PSF estresse	EPC-8, 31, 36, 37		PSF-7
Informação		1PSF externo sobre instrução	EPC-3, 4, 5		
Procedimentos	CPC-4	2 PSF externos sobre instrução	EPC-16, 21, 26, 32	1 PSF	PSF-5
Outros suportes ou ajudas fornecidas		1 PSF externo sobre instrução	EPC-7, 13, 14, 17		PSF-8
Cultura		1 PSF externo sobre situação	EPC-9		
Risco percebido		1 PSF estresse	EPC-12	1 PSF	
Clareza e compatibilidade dos objetivos fixados			EPC-11, 18		

A Figura 2 sumariza a valoração de cada um dos fatores supracitados de acordo com o impacto dos parâmetros em cada subtarefa da atuação do operador na salvaguarda, em que cada uma destas subtarefas é descrita em padrões de execução operacionais e dispostas em árvores lógicas (portas OU e E) de falhas humanas, para que sejam possíveis realizar os cálculos de probabilidade de falha humana. A pontuação mostrada na coluna

3 (Figura 2) é escolhida para cada uma das subtarefas da árvore de falha construída, levando-se em consideração o critério da descrição dos níveis multiplicadores mostrados na Figura 3.

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	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	
	<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	
Threat stress	<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	
Task complexity	<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	
Experience/training	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	
	<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	
Procedures	<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	
Human-machine interface (HMI)	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	
	<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	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	<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	
Teamwork	<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	
Physical working environment	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Figura 2: Tabela de avaliação Petro-HRA (adaptado de Bye et al., 2017)¹²

Descrição dos níveis e multiplicadores

Níveis	Multiplicadores	Significado dos multiplicadores
Efeito negativo extremamente alto no desempenho	HEP = 1	O fracasso é certo. Todos os operadores falharão na tarefa. É suficiente que um PSF tenha esse valor para que o HEP da tarefa seja 1.
Efeito negativo muito alto no desempenho	50	50 de 100 falharão. Haverá muitas falhas se todas as equipes / operadores experimentarem esta tarefa.
Alto efeito negativo no desempenho	20-25	20-25 de 100 falharão nesta tarefa. Um quarto dos operadores falhará na tarefa.
Efeito negativo moderado no desempenho	10-15	10-15 de 100 falharão na tarefa. Haverá falhas ocasionais na tarefa.
Baixo efeito negativo no desempenho	5	5 de 100 falharão na tarefa. Haverá poucas falhas ocasionais na tarefa.
Efeito negativo muito baixo no desempenho	2	2 de 100 falharão na tarefa. Haverá muito poucas falhas ocasionais na tarefa.
Efeito nominal no desempenho	1	1 em 100 falhará. O nível de dificuldade é bastante baixo e haveria muito poucas falhas se todas as equipes / operadores experimentassem esta tarefa.
Baixo efeito positivo no desempenho	0.5	5 de 1000 falharão. A falha na tarefa é muito improvável.
Efeito positivo moderado no desempenho	0.1	1 em 1000 falhará. É quase inconcebível que qualquer tripulação / operador falhe na execução da tarefa.

Figura 3: Níveis de multiplicadores para probabilidade falhas humanas (MORAIS, 2021).

Já as probabilidades de falhas de cada subtarefa são calculadas, conforme modelo mostrado na Figura 4, abaixo.

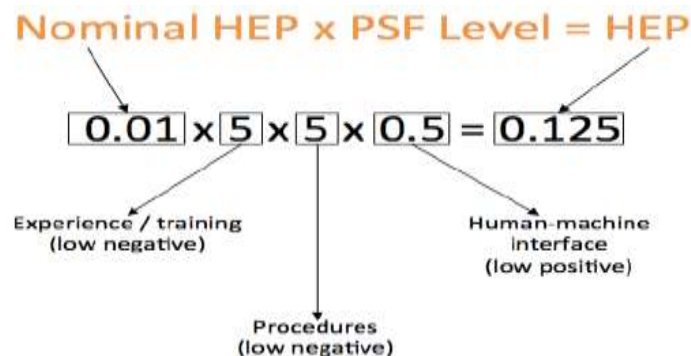


Figura 4: Ilustração do cálculo da as probabilidades de falhas de cada subtarefa (GERTMAN et al., 2005).

2.3. METODOLOGIA PARA A ABRODAGEM PROPOSTA

Tomando como insumo as salvaguardas humanas para bloqueio dos cenários acidentais descritos nos HAZOP, classificando-se o passo a passo da ação descrita nos respectivos padrões operacionais em subtarefas e aplicando o método Petro-HRA, conseguimos chegar à probabilidade de falha da atuação da salvaguarda humana, conforme descreve o fluxograma mostrado na Figura 5.

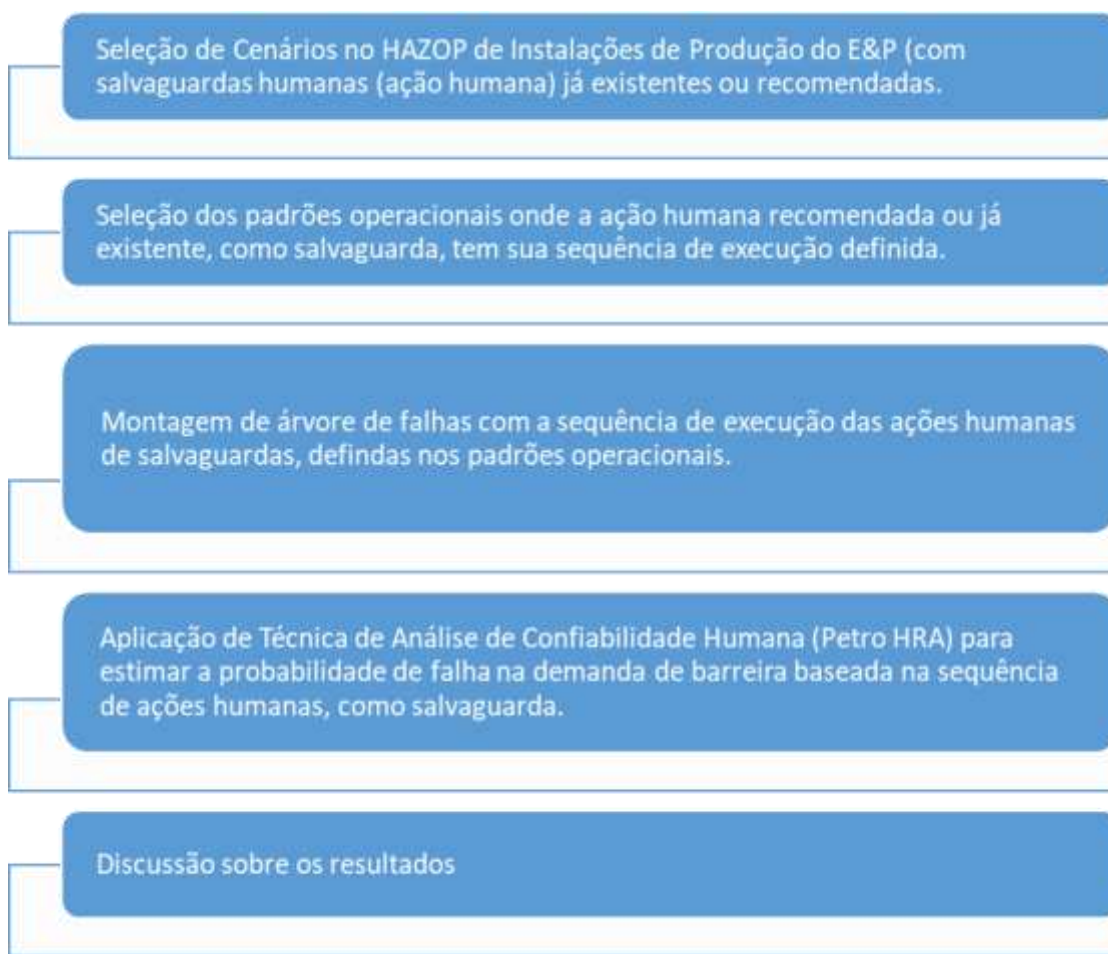


Figura 5: Fluxograma da metodologia de trabalho adotado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos cenários escolhidos no HAZOP, foi analisada a sequência da ação humana descrita como salvaguarda para o cenário acidental, nos respectivos padrões, sendo estas distribuídas em árvore de falhas levando consideração os critérios descritos na Figura 3. Desta forma, para cada subtarefa foi calculado o fator de performance levando-se em consideração os 9 (nove) fatores influenciadores de desempenho. A partir destes, com uso de lógicas booleanas, chega-se aos valores de probabilidade de falha humana do evento

topo, conforme descritos para os Cenários 1 a 4, aqui estudados, nas Figuras 5 a 8, cujos valores detalhados para atribuídos para cada uma das subtarefas por intermédio do método Petro-HRA são mostrados no Anexo 1.

ÁRVORE DE FALHAS DO CENÁRIO 1

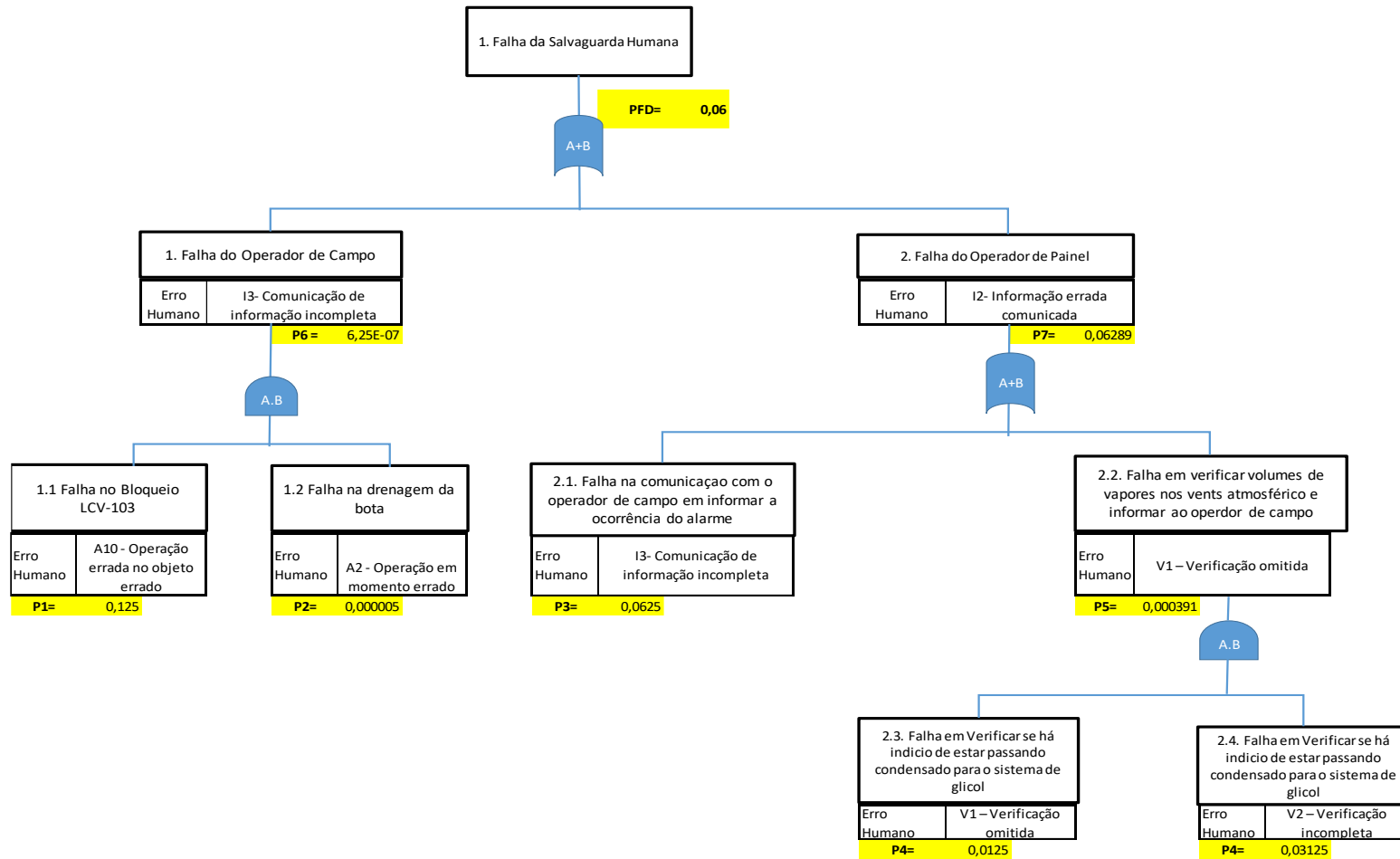


Figura 5: Análise de árvore de falha do Cenário 1.

ÁRVORE DE FALHAS DO CENÁRIO 2

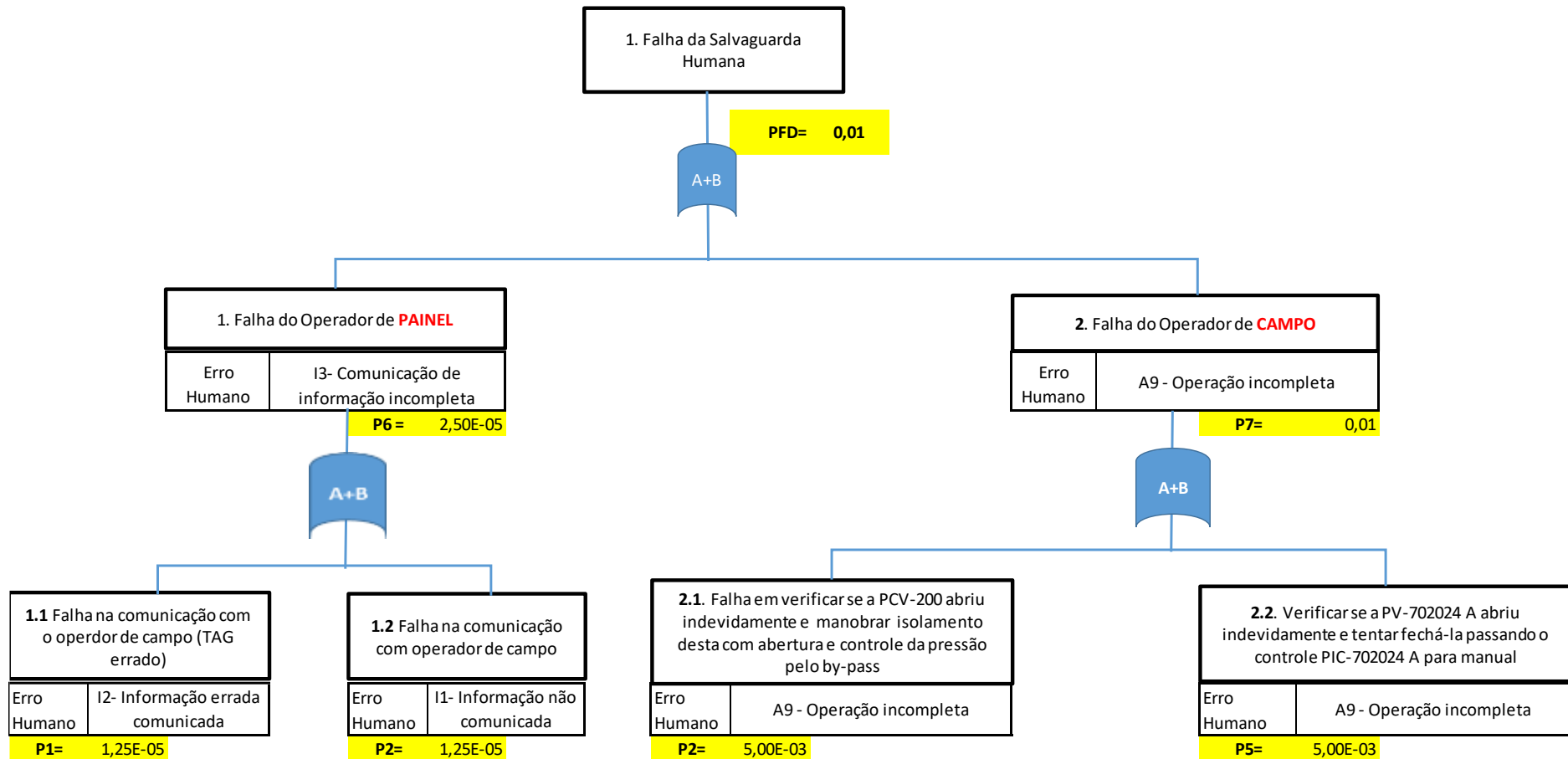


Figura 5: Análise de árvore de falha do Cenário 2

ÁRVORE DE FALHAS DO CENÁRIO 3

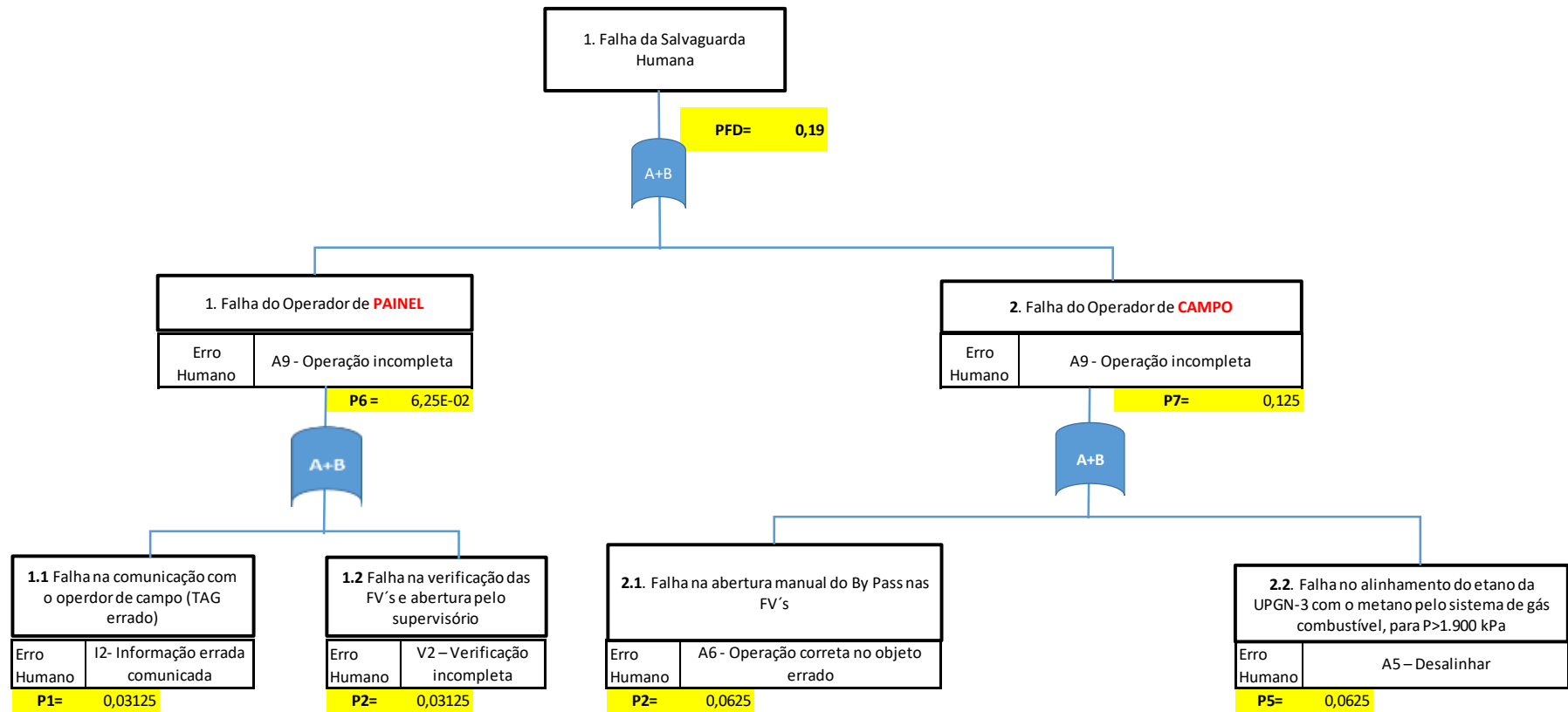


Figura 7: Análise de árvore de falha do Cenário 3

ÁRVORE DE FALHAS DO CENÁRIO 4

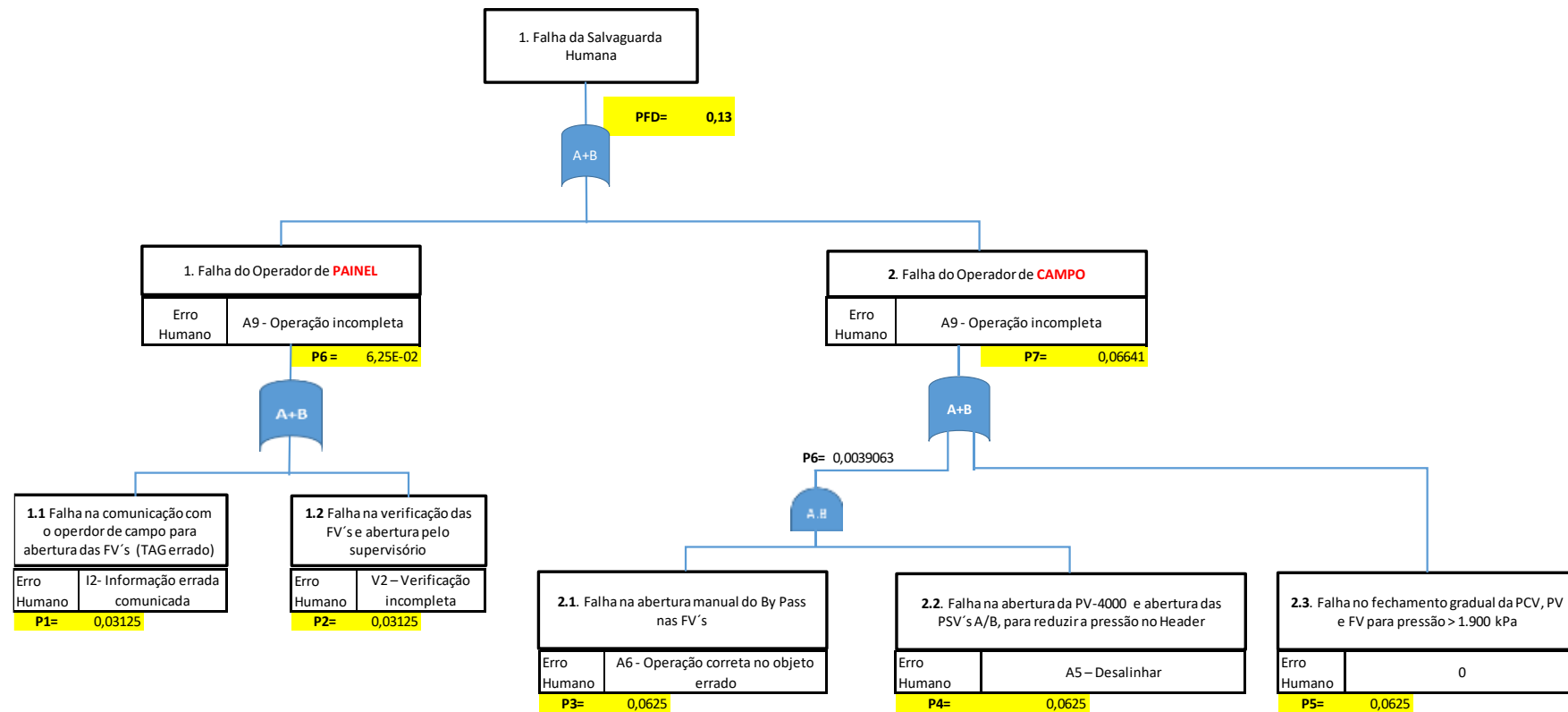


Figura 5: Análise de árvore de falha do Cenário 4

Desta forma, com a aplicação do método Petro-HRA para os quatro (4) cenários aqui estudados obteve-se os valores de valores de probabilidade de falha humana sumarizados na Tabela 2.

Tabela 2: Probabilidade de Falha Humana Calculada por Intermédio do Petro-HRA para os cenários aqui estudados

Cenários estudados	Probabilidade de Falha Humana (%)
Cenário 1	6
Cenário 2	1
Cenário 3	19
Cenário 4	13

Essas probabilidades de falha refletem a ação de um operador de painel de controle e outro de campo, frente à atuação de um alarme em que há necessidade da intervenção humana.

Vale mencionar que o Centro de Segurança de Processos Químicos (CCPS), dos Estados Unidos (INSTITUTO AMERICANO DE ENGENHEIROS QUÍMICOS, 2021), com base em amostragem de campo e uso de análises estatísticas, estabelece que a probabilidade de falha sob demanda atribuída a camadas de proteção independentes (IPL= *Independent Protection Layer*) humanas é de 10 %. Assim, apesar dos resultados obtidos por intermédio do método proposto pelo Petro-HRA para os cenários aqui estudados estarem na mesma ordem de grandeza do que reza a CCPS, há a necessidade de estudos mais detalhados, como uma amostragem de análises de cenários mais amplos (em número e complexidade) para que se ratifique ou retifique o uso do valor amplamente utilizado em análise de segurança de processos.

4. CONCLUSÕES

O método Petro-HRA foi utilizado para o cálculo da probabilidade de falha humana para quatro (4) cenários diferentes oriundos da Indústria de Produção de Gás Natural e comparado aos valores estabelecidos na norma N-2595, adotada pela Petróleo Brasileiro S.A., oriunda do Centro de Segurança de Processos Químicos (CCPS), dos Estados Unidos, e recepcionada pela Petrobras. Os resultados obtidos encontram-se na mesma ordem de grandeza, tendo variado de 1 a 19 %, frente a 10 % preconizado pela N-2595. No entanto, tais resultados devem ser tomados com parcimônia, uma vez que a adoção do método Petro-HRA exige bastante conhecimento e experiência dos técnicos

envolvidos na análise de riscos de processo para os diversos procedimentos operacionais de salvaguarda para que seja possível atribuir pesos adequados para os fatores influenciadores de desempenho que são exigidos nos cálculos de probabilidade de falha humana. Diante deste fato, torna-se imperioso o aprofundamento deste trabalho com a utilização de uma maior população amostral (quer em número, quer em variabilidade de cenários de operação), análise criteriosa do efeito da redação dos procedimentos operacionais na ocorrência de erros humanos, além de estudo de validação de conformidade de procedimento.

REFERÊNCIAS

ATTWOOD, D. A.; DEEB, J. M.; DANZ-REECE, M. E. Ergonomic solutions for the process industries. 1 ed. Oxford: Gulf Professional Publishing, 2003, 480 p.

BAYBUTT, P. Human Factors in Process Safety and Risk Management: Needs for Models, Tools and Techniques. Proceedings of the International Workshop on Human Factors in Offshore Operations, New Orleans, p. 412-433, 1996.

BAYBUTT, P. Layers of protection analysis for human factors (LOPA-HF). Process Safety Progress, 21, 2, 119-129, 2002.

BAYBUTT, P. Qualitative hazard analysis. In: D. Crowl (Ed.), Human factors methods for improving performance in the process industries. 1 ed. New York: Center for Chemical Process Safety, 2007, 292 p.

BAYBUTT, P. The Role of People and Human Factors in Performing Process Hazard Analysis and Layers of Protection Analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 26, 1352-1365, 2013.

BYE, A. et al. Petro-HRA, a new method for human reliability analysis in the petroleum industry. In: Proceedings of the 13th Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM) conference, 2016.

BYE, A. et al. The Petro-HRA Guideline. Disponível em: www.ife.no/petrohra; 2017, 238 p.

GERTMAN, D. I. et al. NUREG/CR-6883-The SPAR-H method. Washington: US Nuclear Regulatory Commission, 2005.

HEALTH AND SAFETY LABORATORY. Review of Human Reliability Assessment Methods (RR679 – Research Report), 2009.

HOLLNAGEL, E. Cognitive reliability and error analysis method (CREAM). 1 ed. New York: USA: Elsevier, 1998, 287 p.

INSTITUTO AMERICANO DE ENGENHEIROS QUÍMICOS: CENTRO PARA SEGURANÇA DE PROCESSOS QUÍMICOS. Análise de Camadas de Proteção: Avaliação Simplificada do Risco de Processo, 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2021, 310 p.

KIRWAN, B. A guide to practical human reliability assessment. 1 ed. New York: CRC Press, 2017, 606 p.

MORAIS, C. et al. Estimativa da Probabilidade de Erro Humano: Uma Análise da Utilização e Pesquisa dos Métodos de Confiabilidade Humana, Dados Disponíveis e Técnicas Probabilísticas. 4º Congresso Geral da ABRISCO (ABRISCO 2019), 2019.

MORAIS, C. Notas de aula SENAI/CETIQT, tradução livre do método Petro-HRA, 2021.

MOURA, R. et al. Learning from Major Accidents to Improve System Design. Safety Science, 84, 37-45, 2016.

N-2595-Rev. D. Critérios de Projeto, Operação e Manutenção de Sistemas Instrumentados de Segurança em Unidades Industriais, 2021.

REASON, J. Human Error. 1 ed. Cambridge: University Press, 1990, 320 p.

REASON, J. The human contribution: Unsafe acts, accidents, and heroic recoveries. 1 ed. New York: CRC Press, 2008, 310 p.

STANTON, N.A. et al. Human Factors Methods – a Practical Guide for Engineering and Design. 2 ed. New York: CRC Press, 2013, 656 p.

SWAIN, A. D.; GUTTMANN, H. E. Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications. Final report. No. NUREG/CR--1278. Sandia National Labs., 1983.

WILLIAMS, J. C. Williams, J.C A proposed Method for Assessing and Reducing Human error.
In: Proceedings of the 9th Advance in Reliability Technology Symposium, University of
Bradford, pp. B3/R/1 – B3/R/13, 1986.

WOODS D. D. et al. Behind human error. 2 ed. New York: CRC Press, 2010, 292 p.

ANEXO 1 – APRESENTAÇÃO DOS CENÁRIOS

CENÁRIO 1

Sistema: Unidade de processamento de gás natural.

Subsistema: Das válvulas TCV-121 e manual de entrada do E-120, passando pelos tubos dos trocadores E-120, E-121 e E-122 até a entrada de gás na C-104 e as válvulas LCV-103 A e B.

Desvio	Causa	Efeitos	Salvaguardas	Detecções	Freq.	Categoria de				Risco				Recomendações / Observações
						SP	P	M	I	SP	P	M	I	
Nível Menor	Falha aberta das LCV-103 A	Passagem de gás (blowby) para a C-200 passando pelo casco do E-120, levando a descontrole operacional e possíveis perdas de produção.	NA	- LAL-103 A - alarme de nível baixo no painel - Verificação de nível pelo operador da área no LG-103 A	D	I	I	I	I	T	T	T	T	
	Falha aberta das LCV-103 B	Passagem de hidrocarbonetos para o sistema de glicol, podendo ocasionar dispersão de gás em área operacional e princípio de incêndio.	- Resposta do operador ao alarme LAL-103 B (nível baixo de glicol na bota do V-103) conforme PE-3UAM-00114	- LAL-103 B - alarme de nível baixo na bota do V-103 - Verificação de nível pelo operador da área no LG-103 B	C	III	I	I	III	M	T	T	M	

Sequência de ações humanas descritas como salvaguarda no padrão referenciado:

Operador de painel:

- Informar ao técnico de operação de área que ocorreu o alarme;
- Verificar se há indícios de estar ocorrendo a passagem de condensado para o sistema de regeneração de glicol, pela atuação do alarme de nível muito baixo no E-320(LAL-320), nível muito alto no V-300 (LAH-300) ou uma tendência de redução da temperatura do glicol pelo TI-320 A;
- No caso de ter ocorrido algum dos eventos listados no item anterior, verificar pelo sistema de CFTV o volume de vapores no vent atmosférico do sistema de regeneração de glicol. Caso seja identificado alguma anormalidade, comunicar imediatamente a supervisão para que as ações devidas sejam tomadas;

Operador de área

- Bloquear a LCV-103B;
- Acompanhar o nível da bota pelo LG-103B. Bloqueá-la e drená-lo caso necessário;
- Após a normalização do nível, realinhar a LCV-103B.

CENÁRIO 2

Sistema: Unidade de processamento de gás natural.

Subsistema: Da saída de gás residual na PV-201, passando pelos tubos do E-125 e pela PV-702024A, até a válvula de bloqueio na sucção dos compressores de baixa.

Desvio	Causa	Efeitos	Salvaguardas	Detecções	Freq.	Categoria de				Risco				Recomendações / Observações
						SP	P	M	I	SP	P	M	I	
Temperatura Menor	Falha aberta da PCV-200 despressurizando o trecho abaixo de 13 kgf/cm ²	Redução da temperatura no trecho de jusante da PCV-201 até entrada do E-125 abaixo de -46°C. Possibilidade de perda de contenção (risco de incêndio em jato)	NA	NA	C	III	II	I	III	M	T	T	M	R01: incluir alarme de pressão baixa no PIT-702024 e procedimentar resposta no PE-3UAM-00075 (ASP). R02: incluir alarme de pressão baixa no PIT-702024 e procedimentar resposta no PE-3UAM-00075 (ASP).
	Falha aberta da PV-702024 A despressurizando o trecho abaixo de 13 kgf/cm ²	Redução da temperatura no trecho de jusante da PCV-201 até entrada do E-125 abaixo de -46°C. Possibilidade de perda de contenção (risco de incêndio em jato)	NA	NA	C	III	II	I	III	M	T	T	M	

Sequência de ações humanas descritas como salvaguarda no padrão referenciado:

Ações em caso de atuação da PAL-702024:

Caso a unidade esteja operando e o alarme PAL-702024 atue, o operador de painel deve avisar o da área para:

- Verificar se a PCV-200 abriu indevidamente e realizar imediatamente a manobra de isolamento da PCV e abertura e controle da pressão pelo by-pass.
- Verificar se a PV-702024A abriu indevidamente e tentar fechá-la passando o controle PIC-702024 para manual.
- Caso não seja possível fechar pelo supervisor, realizar imediatamente a manobra de isolamento da PV e abertura e controle da pressão pelo by-pass.

CENÁRIOS 3 E 4

Sistema: Unidade de injeção e venda de gás.

Subsistema: Header de sucção dos compressores de injeção: de jusante das válvulas PV-1221442 A/B/C/D, XV-1231002, XV-4001, ESDV-1232215/300, saída de gás do V-123115 e PV-5135001 A/B, passando pelo vaso V-125204 e pelo filtro FT-1252203, até montante das SDV-1252101/102/201/202/301/302/701/702 e até as válvulas PV-1252041 A/B/C/D/E e válvula manual de interligação com o sistema de gás combustível.

Desvio	Causa	Efeitos	Salvaguardas	Detecções	Freq.	Categoria de				Risco				Recomendações / Observações
						SP	P	M	I	SP	P	M	I	
Pressão Maior	Fechamento simultâneo em manual das FV12521501 e FV12521502	Sobrepresão, possibilidade de perda de contenção e incêndio.	NA	-PAH-1232215 - alarme de pressão alta na saída de gás metano da UPGN-III.	C	IV	III	II	IV	M	M	T	M	R01: alterar o valor de atuação do PAH-1232302 e revisar o PE-3UAM-00075 para incluir ações de resposta do operador ao alarme.
	Fechamento simultâneo em manual das FV12521503 e FV12521504	Sobrepresão, possibilidade de perda de contenção e incêndio.	NA	-PAH-1232215 - alarme de pressão alta na saída de gás metano da UPGN-III.	C	IV	III	II	IV	M	M	T	M	R02: alterar o valor de atuação do PAH-4000 (UPGN-IV) e revisar o PE-3UAM-00075 para incluir ações de resposta do operador aos alarmes PAH-1232215 e PAH-4000.

Sequência de ações humanas descritas como salvaguarda no padrão referenciado:

Cenário 3

Ações em caso de atuação do PAH-1232302:

- Verificar se as FV-1252501 ou FV-1252502 estão fechadas e tentar abrir pelo supervisor.
- Solicitar que o operador da área abra o by-pass da FV-1252501 ou FV-1252502.
- Caso a pressão atinja 1.900 kPa, alinhar o etano da UPGN-III junto o metano pelo sistema de gás combustível da UPGN-III, conforme alinhamento:
 - Válvula de bloqueio de metano para V-1232500 aberta (linha FG-501-B-3pol)
 - Válvula de bloqueio de etano para V-1232500 aberta (linha FG-500-B-3pol)
 - Saída de etano bloqueada no limite de bateria ou na ESDV-1232300.

Cenário 4

Ações em caso de atuação do PAH-123215 ou PAH-4000:

Caso ocorra a atuação de PAH-1232215, pressão alta na saída de metano da UPGN-III, ou PAH-4000, saída de gás residual da UPGN-IV, as seguintes ações deverão ser tomadas:

- Verificar se as FV-1252503 ou FV-1252504 estão fechadas e tentar abri-las pelo supervisório.
- Solicitar que o operador da área abra o by-pass das PV-1252503 ou FV-1252504.
- Abrir a PV-4000 para reduzir a pressão do header
- Abrir o by-pass das PSV-1232210 A/B.

Cenário 1: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 1.1

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	1.1 Falha no Bloqueio LCV-103		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,125		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	O cenário foi contemplado no HAZOP da unidade tendo sua resposta definida em procedimento
	<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	
Threat stress	<i>High negative</i>	25	O cenário foi contemplado no HAZOP da unidade tendo sua resposta definida em procedimento
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	
Task complexity	<i>Very high negative</i>	50	A tarefa faz parte da rotina dos operadores e consta em procedimento. Operadores são treinados e reciclados nos procedimentos em cada mudança.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
Experience/training	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	A equipe é treinada e experiente no local de trabalho
	<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	
Procedures	<i>Very high negative</i>	50	Embora o procedimento conste a sequência operacional, cabe melhorias
	<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	
Human-machine interface (HMI)	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	A interface homem-máquina é prevista em procedimento e os operadores são treinados
	<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	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	<i>Very high negative</i>	50	Há uma relativa maturidade na cultura de segurança de processos na empresa
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
Teamwork	<i>Very high negative</i>	50	A equipe trabalha por turno e há um ambiente consolidado entre os profissionais
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
Physical working environment	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Cenário 1: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 1.2

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 1.2		
Cenário do evento de falha humana	1.2 Falha na drenagem da bota		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	5,00E-06		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	O cenário foi contemplado no HAZOP da unidade tendo sua resposta definida em procedimento
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Threat stress	High negative	25	O cenário foi contemplado no HAZOP da unidade tendo sua resposta definida em procedimento
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	A tarefa faz parte da rotina dos operadores e consta em procedimento. Operadores são treinados e reciclados nos procedimentos em cada mudança.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	A equipe é treinada e experiente no local de trabalho
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Very high negative	50	Embora o procedimento conste a sequência operacional, cabe melhorias
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	A interface homem-máquina é prevista em procedimento e os operadores são treinados
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Há uma relativa maturidade na cultura de segurança de processos na empresa
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Teamwork	Very high negative	50	A equipe trabalha por turno e há um ambiente consolidado entre os profissionais
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Cenário 1: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 2.1

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 2.1		
Cenário do evento de falha humana	2.1. Falha na comunicação com o operador de campo em informar a ocorrência do alarme		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,0625		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	O cenário foi contemplado no HAZOP da unidade tendo sua resposta definida em procedimento
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	O cenário foi contemplado no HAZOP da unidade tendo sua resposta definida em procedimento
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	A tarefa faz parte da rotina dos operadores e consta em procedimento. Operadores são treinados e reciclados nos procedimentos em cada mudança.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	A equipe é treinada e experiente no local de trabalho
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Very high negative	50	Embora o procedimento conste a sequência operacional, cabe melhorias
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	A interface homem-máquina é prevista em procedimento e os operadores são treinados
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Há uma relativa maturidade na cultura de segurança de processos na empresa
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	A equipe trabalha por turno e há um ambiente consolidado entre os profissionais
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Cenário 1: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 2.3

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 2.3		
Cenário do evento de falha humana	2.2. Falha em Verificar se há indício de estar passando condensado para o sistema de glicol		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,0125		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	O cenário foi contemplado no HAZOP da unidade tendo sua resposta definida em procedimento
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	O cenário foi contemplado no HAZOP da unidade tendo sua resposta definida em procedimento
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	A tarefa faz parte da rotina dos operadores e consta em procedimento. Operadores são treinados e reciclados nos procedimentos em cada mudança.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	A equipe é treinada e experiente no local de trabalho
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Procedures	Very high negative	50	Embora o procedimento conste a sequência operacional, cabe melhorias
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	A interface homem-máquina é prevista em procedimento e os operadores são treinados
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Há uma relativa maturidade na cultura de segurança de processos na empresa
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	A equipe trabalha por turno e há um ambiente consolidado entre os profissionais
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Cenário 1: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 2.4

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 2.4		
Cenário do evento de falha humana	2.4. Falha em verificar volumes de vapores nos vents atmosférico e informar ao operador de campo (câmera CFTV)		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,03125		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	O cenário foi contemplado no HAZOP da unidade tendo sua resposta definida em procedimento
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	O cenário foi contemplado no HAZOP da unidade tendo sua resposta definida em procedimento
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	A tarefa faz parte da rotina dos operadores e consta em procedimento. Operadores são treinados e reciclados nos procedimentos em cada mudança.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	A equipe é treinada e experiente no local de trabalho
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Very high negative	50	Embora o procedimento conste a sequência operacional, cabe melhorias
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	A interface homem-máquina é prevista em procedimento e os operadores são treinados
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Há uma relativa maturidade na cultura de segurança de processos na empresa
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	A equipe trabalha por turno e há um ambiente consolidado entre os profissionais
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Cenário 2: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 1.1

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	Falha na comunicação com o operador de campo (TAG errado)		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	1,25E-05		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
<i>Available time</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	<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	Se trata de rotina operacional
	<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	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	<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>	HEP=1	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	15	
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
<i>Not applicable</i>	1		
<i>Procedures</i>	<i>Very high negative</i>	50	A recomendação pode ser melhorada
	<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>	HEP=1	Se trata de rotina operacional
	<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	Há diretrizes e procedimentos de segurança operacional na empresa
	<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	O comportamento seguro e a experiência da equipe fazem a diferença na execução da atividade com segurança, seguindo o padrão de execução.
	<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>	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Cenário 2: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 1.2

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 1.2		
Cenário do evento de falha humana	Falha na comunicação com operador de campo		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	1,25E-05		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
<i>Available time</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	<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	Se trata de rotina operacional
	<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	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
<i>Experience/training</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	<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	A recomendação pode ser melhorada
	<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>	HEP=1	Se trata de rotina operacional
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
<i>Attitudes to Safety, Work and Management Support</i>	<i>Very high negative</i>	50	Há diretrizes e procedimentos de segurança operacional na empresa
	<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	O comportamento seguro e a experiência da equipe fazem a diferença na execução da atividade com segurança, seguindo o padrão de execução.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
<i>Physical working environment</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Cenário 2: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 2.1

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 2.1		
Cenário do evento de falha humana	Falha em verificar se a PCV-200 abriu indevidamente e manobrar isolamento desta com abertura e controle da pressão pelo by-pass		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	5,00E-03		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
Threat stress	<i>High negative</i>	25	Se trata de rotina operacional
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	
Task complexity	<i>Very high negative</i>	50	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
Experience/training	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	15	
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Nominal</i>	1	
Procedures	<i>Moderate positive</i>	0,1	A recomendação pode ser melhorada
	<i>Not applicable</i>	1	
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>High negative</i>	20	
	<i>Low negative</i>	5	
Human-machine interface (HMI)	<i>Nominal</i>	1	Se trata de rotina operacional
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very high negative</i>	50	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	<i>Very high negative</i>	50	Há diretrizes e procedimentos de segurança operacional na empresa
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
Teamwork	<i>Very high negative</i>	50	O comportamento seguro e a experiência da equipe equipe, fazem a diferença na execução da atividade com segurança, seguindo o padrão de execução.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
Physical working environment	<i>Not applicable</i>	1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Cenário 2: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 2.2

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 2.2		
Cenário do evento de falha humana	Verificar se a PV-702024 A abriu indevidamente e tentar fechá-la passando o controle PIC-702024 A para manual		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	5,00E-03		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Se trata de rotina operacional
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	Considera-se que o operador foi treinado na unidade em que trabalha e que há reciclagem de treinamentos críticos periodicamente
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Very high negative	50	A recomendação pode ser melhorada
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	Se trata de rotina operacional
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Há diretrizes e procedimentos de segurança operacional na empresa
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	O comportamento seguro e a experiência da equipe fazem a diferença na execução da atividade com segurança, seguindo o padrão de execução.
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Cenário 3: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 1.1

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	Falha na comunicação com o operador de campo (TAG errado)		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,03125		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	<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	
Threat stress	<i>High negative</i>	25	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	
Task complexity	<i>Very high negative</i>	50	Apesar do cenário, a tarefa está na rotina do operador de painel
	<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	
Experience/training	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Todos os operadores são treinados e reciclados periodicamente
	<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	
Procedures	<i>Very high negative</i>	50	Há pontos de melhoria no procedimento
	<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	
Human-machine interface (HMI)	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	operadores são treinados nas tarefase nas interfaces com a máquina
	<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	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	<i>Very high negative</i>	50	Há diretrizes e políticas de SMS bem consolidadas na empresa
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
Teamwork	<i>Very high negative</i>	50	A equipe tem alguns anos de trabalho em conjunto
	<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	
Physical working environment	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Cenário 3: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 1.2

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 1.2		
Cenário do evento de falha humana	Falha na verificação das FV's e abertura pelo supervisor		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,03125		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
<i>Available time</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	<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	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	<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	Apesar do cenário, a tarefa está na rotina do operador de painel
	<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>	HEP=1	Todos os operadores são treinados e reciclados periodicamente
	<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	Há pontos de melhoria no procedimento
	<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>	HEP=1	operadores são treinados nas tarefas nas interfaces com a máquina
	<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	Há diretrizes e políticas de SMS bem consolidadas na empresa
	<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	A equipe tem alguns anos de trabalho em conjunto
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Low positive</i>	0,5	
<i>Physical working environment</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Cenário 3: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 2.1

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 2.1		
Cenário do evento de falha humana	Falha na abertura manual do By Pass nas FV's		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,0625		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
<i>Available time</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
<i>Threat stress</i>	<i>High negative</i>	25	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	<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	Apesar do cenário, a tarefa está na rotina do operador de painel
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate positive</i>	0,1	
<i>Experience/training</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Todos os operadores são treinados e reciclados periodicamente
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>Moderate negative</i>	15	
	<i>Low negative</i>	5	
	<i>Nominal</i>	1	
<i>Procedures</i>	<i>Moderate positive</i>	0,1	Há pontos de melhoria no procedimento
	<i>Not applicable</i>	1	
	<i>Very high negative</i>	50	
	<i>High negative</i>	20	
	<i>Low negative</i>	5	
<i>Human-machine interface (HMI)</i>	<i>Nominal</i>	1	operadores são treinados nas tarefases nas interfaces com a máquina
	<i>Low positive</i>	0,5	
	<i>Not applicable</i>	1	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very high negative</i>	50	
<i>Attitudes to Safety, Work and Management Support</i>	<i>Low positive</i>	0,5	Há diretrizes e políticas de SMS bem consolidadas na empresa
	<i>Not applicable</i>	1	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Very high negative</i>	50	
<i>Teamwork</i>	<i>Low positive</i>	0,5	A equipe tem alguns anos de trabalho em conjunto
	<i>Not applicable</i>	1	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Very low negative</i>	2	
	<i>Moderate negative</i>	10	
<i>Physical working environment</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Cenário 3: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 2.2

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 2.2		
Cenário do evento de falha humana	Falha no alinhamento do etano da UPGN-3 com o metano pelo sistema de gás combustível, para P>1.900 kPa		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,0625		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
<i>Available time</i>	<i>Extremely high negative</i>	HEP=1	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	<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	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	<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	Apesar do cenário, a tarefa está na rotina do operador de painel
	<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>	HEP=1	Todos os operadores são treinados e reciclados periodicamente
	<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	Há pontos de melhoria no procedimento
	<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>	HEP=1	operadores são treinados nas tarefase nas interfaces com a máquina
	<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	Há diretrizes e políticas de SMS bem consolidadas na empresa
	<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	A equipe tem alguns anos de trabalho em conjunto
	<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>	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	<i>Moderate negative</i>	10	
	<i>Nominal</i>	1	
	<i>Not applicable</i>	1	

Cenário 4: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 1.1

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	Falha na comunicação com o operador de campo (TAG errado)		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,03125		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Apesar do cenário, a tarefa está na rotina do operador de painel
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	Todos os operadores são treinados e reciclados periodicamente
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Very high negative	50	Há pontos de melhoria no procedimento
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	operadores são treinados nas tarefase nas interfaces com a máquina
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Há diretrizes e políticas de SMS bem consolidadas na empresa
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	A equipe tem alguns anos de trabalho em conjunto
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Cenário 4: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 1.2

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 1.2		
Cenário do evento de falha humana	Falha na verificação das FV's e abertura pelo supervisor		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,03125		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Threat stress	High negative	25	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Apesar do cenário, a tarefa está na rotina do operador de painel
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	Todos os operadores são treinados e reciclados periodicamente
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
Procedures	Very high negative	50	Há pontos de melhoria no procedimento
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	operadores são treinados nas tarefas nas interfaces com a máquina
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Há diretrizes e políticas de SMS bem consolidadas na empresa
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	A equipe tem alguns anos de trabalho em conjunto
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Cenário 4: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 2.1

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 2.1		
Cenário do evento de falha humana	Falha na abertura manual do By Pass nas FV's		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,0625		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Apesar do cenário, a tarefa está na rotina do operador de painel
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	Todos os operadores são treinados e reciclados periodicamente
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Very high negative	50	Há pontos de melhoria no procedimento
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	operadores são treinados nas tarefas nas interfaces com a máquina
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Há diretrizes e políticas de SMS bem consolidadas na empresa
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Teamwork	Very high negative	50	A equipe tem alguns anos de trabalho em conjunto
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Cenário 4: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 2.2

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 2.2		
Cenário do evento de falha humana	Falha na abertura da PV-4000 e abertura das PSV's A/B, para reduzir a pressão no Header		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,0625		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Threat stress	High negative	25	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	
Task complexity	Very high negative	50	Apesar do cenário, a tarefa está na rotina do operador de painel
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
	Not applicable	1	
Experience/training	Extremely high negative	HEP=1	Todos os operadores são treinados e reciclados periodicamente
	Very high negative	50	
	Moderate negative	15	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Procedures	Very high negative	50	Há pontos de melhoria no procedimento
	High negative	20	
	Low negative	5	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Human-machine interface (HMI)	Extremely high negative	HEP=1	operadores são treinados nas tarefas nas interfaces com a máquina
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Há diretrizes e políticas de SMS bem consolidadas na empresa
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Teamwork	Very high negative	50	A equipe tem alguns anos de trabalho em conjunto
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Physical working environment	Extremely high negative	HEP=1	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	

Cenário 4: Cálculo de probabilidade de falha humana – Subtarefa 2.3

Tabela de resumo dos PSFs de Petro-HRA			
Instalação			
Data			
ID e descrição do evento de falha humana (HFE)	Subtarefa 2.3		
Cenário do evento de falha humana	Falha no fechamento gradual da PCV, PV e FV para pressão > 1.900 kPa		
Analistas			
Cálculo da Probabilidade de Erro Humano (HEP)	0,0625		
Fatores influenciadores de Desempenho (PSFs)	níveis PSF	Multiplicado	Fundamentação: razões específicas para a seleção do nível PSF
Available time	Extremely high negative	HEP=1	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Moderate positive	0,1	
Threat stress	Not applicable	1	Tratas-e de cenário aumento de pressão seguido de perda de contenção com possibilidade de incêndio
	High negative	25	
	Low negative	5	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
Task complexity	Not applicable	1	Apesar do cenário, a tarefa está na rotina do operador de painel
	Very high negative	50	
	Moderate negative	10	
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
Experience/training	Moderate positive	0,1	Todos os operadores são treinados e reciclados periodicamente
	Not applicable	1	
	Low negative	5	
	Moderate negative	15	
	Very high negative	50	
	Extremely high negative	HEP=1	
Procedures	Not applicable	1	Há pontos de melhoria no procedimento
	Low positive	0,5	
	Nominal	1	
	Low negative	5	
	High negative	20	
Human-machine interface (HMI)	Very high negative	50	operadores são treinados nas tarefase nas interfaces com a máquina
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Not applicable	1	
Attitudes to Safety, Work and Management Support	Very high negative	50	Há diretrizes e políticas de SMS bem consollidadas na empresa
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
Teamwork	Not applicable	1	A equipe tem alguns anos de trabalho em conjunto
	Very low negative	2	
	Nominal	1	
	Low positive	0,5	
	Moderate negative	10	
Physical working environment	Very high negative	50	Não enxergamos uma contribuição positiva ou negativa no ambiente de execução.
	Moderate negative	10	
	Nominal	1	
	Not applicable	1	