

Avaliação de Riscos de Processo: Estudo de Caso da Aplicação da Metodologia *Bow-tie* Associada ao Método de Análise Hierárquica de Processo (AHP)

Kátia Lúcia da Costa Araújo Ugulino¹, Ruben Huamanchumo Gutierrez²

¹Petrobras Petróleo Brasileiro S.A. Av. República do Chile, 65 - Centro, Rio de Janeiro - RJ, 20031-912

²Dpto. de Engenharia de Produção. Universidade Federal Fluminense (UFF). Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, Niterói, RJ - Brasil - 24210-240.

INTRODUÇÃO

A indústria de Óleo e Gás torna-se cada vez mais competitiva e com constantes desafios tecnológicos. Como consequência destes cenários, os riscos associados ao setor tornam-se cada vez mais complexos (REFSDAL; URDAHL, 2014).

Durante o ciclo de vida de uma instalação de produção de petróleo estão presentes riscos de processo que devem ser avaliados. Na fase de operação, em função do processamento de fluidos perigosos, os riscos são ainda maiores do que nas demais fases. A inadequada gestão destes riscos permite a ocorrência de acidentes de processo que representam um dos subtipos de incidentes denominados Grandes Incidentes.

Os Grandes Incidentes normalmente são iniciados por uma liberação perigosa, mas também podem incluir grande perda de estabilidade estrutural que venha causar sérios danos a um ativo (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS, 2010).

Este tipo de acidente pode acarretar em: elevado número de fatalidades, afastamentos do trabalho, pagamento de indenizações, aplicação de recursos para recuperação de áreas contaminadas, pagamento de multas a órgãos reguladores, perda de eficiência operacional e consequentemente elevação dos custos de produção. Os acidentes de processo, de forma individual ou coletiva, impactam fortemente a sustentabilidade do negócio, sendo o processo de identificação, análise e gestão dos riscos relacionados à segurança de processo um dos grandes desafios para os gestores do setor de Óleo e Gás.

Diversas técnicas de análise de risco são adotadas com o objetivo de prevenir a ocorrência de acidentes de processo: Análise Preliminar de Riscos (APR), Estudo de Perigos e Operabilidade (HAZOp), Análise de Consequências, Análise Quantitativa de Riscos (AQR/QRA), *Bow Tie* e LOPA. (PETROBRAS, 2014).

Apesar desta variedade de técnicas, algumas limitações ainda dificultam o gerenciamento dos riscos nas fases de pré-operação e operação das instalações. Nestas fases, desvios relacionados aos processos de produção e manutenção podem levar à degradação ou inibição temporária de funções de segurança, resultando na perda de integridade de barreiras de segurança. Como consequência, observam-se alterações relacionadas ao aumento da frequência de ocorrência dos cenários de risco, maior severidade das consequências ou a combinação destes dois elementos.

Um dos fatores que contribui para esta situação é que as técnicas de identificação de perigos e análise de risco atualmente aplicadas não são dinâmicas o suficiente para identificar de imediato os desvios e normalmente necessitam da realização de reuniões com equipe multidisciplinar que demandam algumas horas ou até mesmo dias para serem concluídas.

Sendo assim, a manutenção da segurança de processo nas instalações de produção de petróleo representa para a indústria um esforço elevado na busca por uma atuação sustentável. Com o intuito de contribuir com este desafio o presente trabalho propõe um sistema dinâmico de suporte à decisão que adota conceitos da Metodologia *Bow Tie* associados ao Método de Análise Hierárquica de Processo (AHP) para a avaliação de risco em instalações produtoras de petróleo.

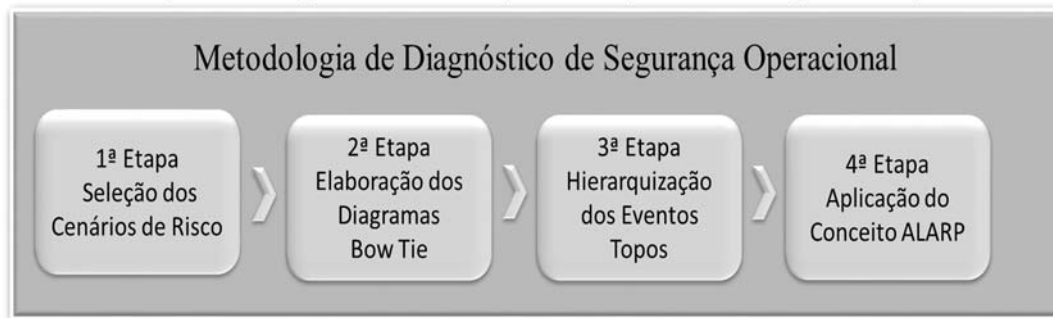
OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar o estudo de caso da aplicação de uma metodologia de suporte à decisão, denominada Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional, que adota conceitos da Metodologia *Bow Tie* e do Método de Análise Hierárquica de Processo (AHP), para a avaliação de risco de processo em instalações produtoras de petróleo na fase de operação.

DESCRIÇÃO DO TRABALHO

Estruturada em um sistema dinâmico de suporte a decisão, a Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional avalia a condição de integridade de barreiras de segurança dos cenários de risco de instalações produtoras de petróleo através da aplicação de conceitos da Metodologia *Bow Tie*. Neste modelo, o Método de Análise Hierárquica de Processo (AHP) é adotado como ferramenta para a hierarquização do nível de integridade dos cenários monitorados. A metodologia proposta é estruturada em quatro etapas conforme apresentado na Figura 1:

Figura 1 - Etapas da Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional



Fonte: O autor (2014)

Na primeira etapa ocorre a seleção dos cenários que serão monitorados por um sistema informatizado desenvolvido para permitir a aplicação da Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional. Em seguida é aplicada a abordagem qualitativa da Metodologia *Bow Tie* para identificação de ameaças à segurança operacional. Após esta etapa, os eventos são hierarquizados através a aplicação do Método de Análise Hierárquica de Processo (AHP). Na quarta e última etapa o conceito ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) é aplicado no processo eliminação, contingenciamento ou mitigação das novas ameaças e suas consequências.

Processo de Aquisição de Dados

Os dados são aquisitados automaticamente de sistemas que gerenciam as disciplinas de operação, manutenção, inspeção e segurança das instalações de produção. Os sistemas de suporte às operações fornecem dados relativos à: condição automático/manual dos equipamentos, condição de inibição de intertravamentos de segurança/salvaguardas e dados associados ao processo de gestão de manutenção/inspeção dos sistemas operacionais de produção monitorados.

Apenas uma pequena parte dos dados é inserida manualmente no sistema por membros da equipe da instalação.

Seleção dos Cenários Monitorados

A Análise Preliminar de Risco Quinquenal (APR) é o documento de referência para a seleção dos cenários e dos elementos críticos de segurança operacional que serão monitorados no diagnóstico de segurança operacional.

Todos os cenários da APR que apresentam categoria de severidade de consequência crítica ou catastrófica nas dimensões Pessoas, Meio Ambiente e Patrimônio serão analisados na metodologia proposta. Os elementos que constituem as salvaguardas preventivas e mitigadoras dos cenários monitorados são denominados Elementos Críticos de Segurança Operacional.

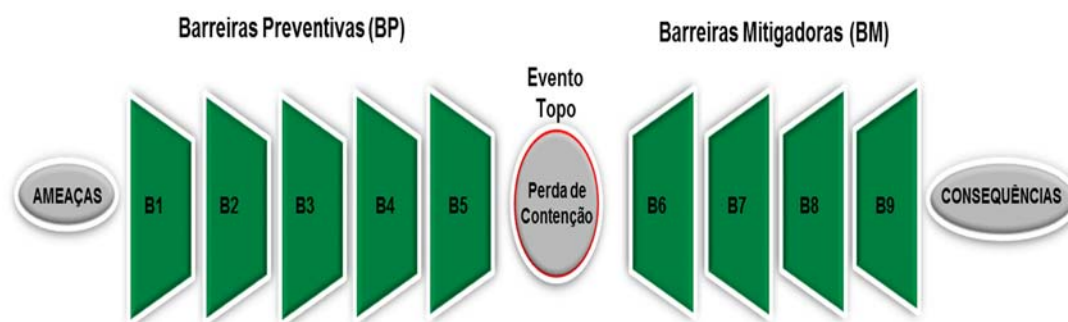
De acordo com a Agência Nacional do Petróleo Gás Natural (2007, p. 1) os elementos críticos de segurança operacional são definidos como: “Qualquer equipamento ou elemento estrutural da Instalação que poderia, em caso de falha, causar ou contribuir significativamente para um quase acidente ou para um acidente operacional”.

Aplicação da Metodologia Bow Tie

Do ponto de vista qualitativo, a Metodologia *Bow Tie* ilustra claramente a relação lógica entre os componentes de um cenário acidental, permitindo compreender quais possíveis combinações de eventos primários levariam a um evento topo e quais falhas de barreiras de segurança levariam o evento topo para uma consequência acidental (KHAKZAD; KHAN)

Segundo Dianous e Fiévez (2006), os elementos que representam barreiras preventivas estão localizados no lado representado pela árvore de falhas e atuam de modo a: prevenir a ocorrência de um evento indesejável, limitar sua proporção ou reduzir a probabilidade de ocorrência do mesmo. Já as Barreiras Mitigadoras estão localizadas no lado representado pela árvore de eventos e atuam de modo a evitar, prevenir ou mitigar as consequências geradas pelo evento indesejável. Um modelo simplificado de diagrama *Bow Tie* encontra-se representado na Figura 2.

Figura 2- Representação do Modelo de Diagrama Padrão



Fonte: O autor (2014)

Conforme apresentado na Figura 2 o diagrama *Bow Tie* é constituído por um conjunto de elementos que são agrupados de acordo com sua função (SAUD; ISRANI; GODDARD, 2013):

- Perigo: qualquer coisa inerente ao negócio que tem o potencial de causar danos para a segurança, a saúde, o meio ambiente, imóveis, instalações, produtos ou reputação;
- Ameaça: ação ou fato possível que pode liberar o perigo através da produção de evento topo que leva a uma consequência;
- Evento Topo: primeiro evento de uma cadeia de eventos negativos que levam a consequências indesejáveis;
- Controle de Fator de Degradação: ações tomadas afim de manter o desejado estado de integridade de uma barreira;
- Barreiras e Funções de Segurança: a principal característica das Barreiras e das Funções de Segurança é a capacidade de prevenir a ocorrência de um acidente ou de mitigar os efeitos gerados por ele.

A definição da quantidade de barreiras adotadas na Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional está alinhada às características típicas dos projetos de instalações marítimas de produção de petróleo. Dessa forma, o modelo proposto adota um conjunto padrão de cinco barreiras preventivas e quatro barreiras mitigadoras conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Barreiras preventivas e mitigadoras

Barreiras	Código	Denominação
Preventivas	B1	Contenção Primária
	B2	Controle Básico do Processo
	B3	Alarmes Críticos e Intervenção Humana
	B4	Intertravamentos de Segurança
	B5	Sistemas de Alívio
Mitigadores	B6	Sistemas de Proteção Pós Liberação
	B7	Resposta à Emergência da Planta
	B8	Resposta à Emergência da Instalação
	B9	Evacuação, Resgate e Abandono

Fonte: o autor

Avaliação de Integridade das Barreiras

A análise da integridade das barreiras preventivas e mitigadoras é realizada através de um conjunto de Controles de Fatores de Degradação.

A seleção dos controles dos fatores de degradação foi definida através de reuniões realizadas com grupos de especialistas nas disciplinas de operação, manutenção, sistemas navais, integridade e segurança de processo e foi baseada nos elementos de gestão dos processos de operação, manutenção e segurança da empresa colaboradora.

Os Controles de Fatores de Degradação possuem uma codificação que os relacionam aos elementos de gestão de segurança operacional das disciplinas de Operação (OP), Manutenção (MAN), Inspeção (INSP), Segurança (SEG) ou são classificados como elementos comuns a todas as disciplinas (COM). Na Tabela 2 estão representados os controles de Fatores de Degradação adotados.

Tabela 2 Controles de Fatores de Degradação

Disciplina	Controles dos Fatores de Degradação
Operação	Atualização de Documentação Técnica
	Treinamento das Equipes de Operação
	Desvios de Classificação de Área
	Gerenciamento de Mudança
	Testes Funcionais
	Dispositivo Contra Bloqueio Inadvertido
	Condição Operacional
	Modo de Operação
	Condição Funcional
Manutenção /Inspeção	Diretrizes para Inibição
	Plano de Manutenção
	Plano de Inspeção /Calibração
Segurança	Relatório de Tratamento de Integridade
	Controle de Pendência de Auditorias
	Realização de Simulados
Comum a Todas as Disciplinas	Treinamento das Equipes de Emergência
	Diagnóstico do Responsável

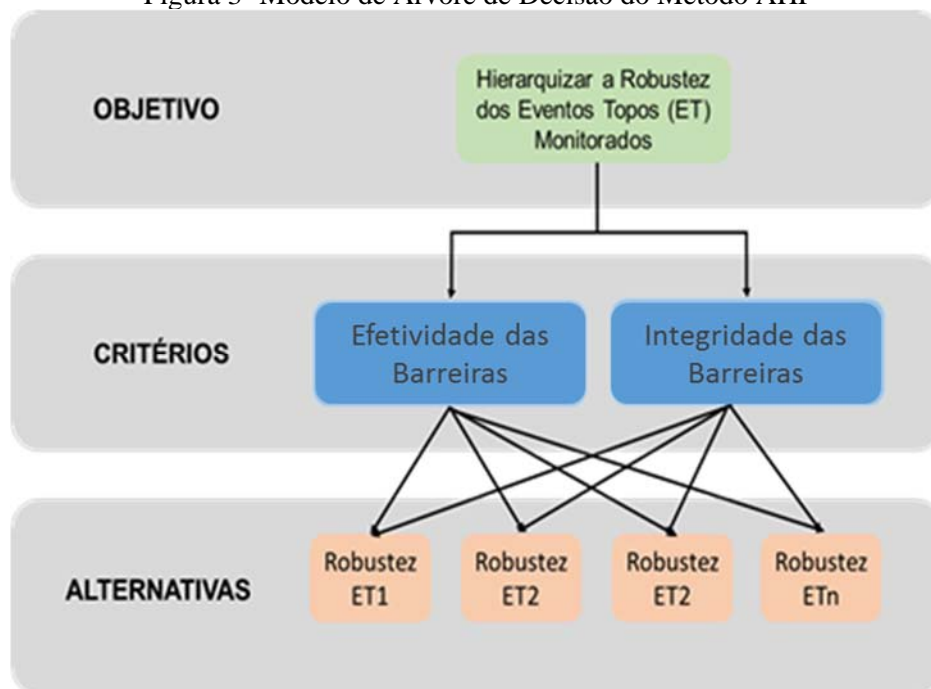
Fonte: O autor

A classificação da integridade de cada barreira de proteção é definida de acordo com uma equação de integridade constituída por Controles dos Fatores de Degradação. O modelo de equação de integridade é formado por um conjunto de controles de fatores de degradação associados a portas lógicas E e OU, para cada barreira de proteção. De acordo com o resultado obtido através das equações de integridade uma barreira pode ser classificada como: íntegra, em degradação, degradada ou contingenciada.

Hierarquização dos Eventos Topos

A etapa de hierarquização dos cenários analisados é realizada através da aplicação do método de suporte à decisão denominado Análise Hierárquica de Processo (SAATY, 1991). De acordo com a representação da Figura 3, o método Análise Hierárquica de Processo (AHP) adota um modelo de árvore de decisão que permite criar uma estrutura constituída por: objetivo, critérios e alternativas.

Figura 3- Modelo de Árvore de Decisão do Método AHP



Fonte: O autor

A aplicação do Método AHP tem como objetivo hierarquizar a robustez dos cenários monitorados através da avaliação da efetividade e da condição de integridade de cada barreira monitorada no diagrama *Bow Tie*.

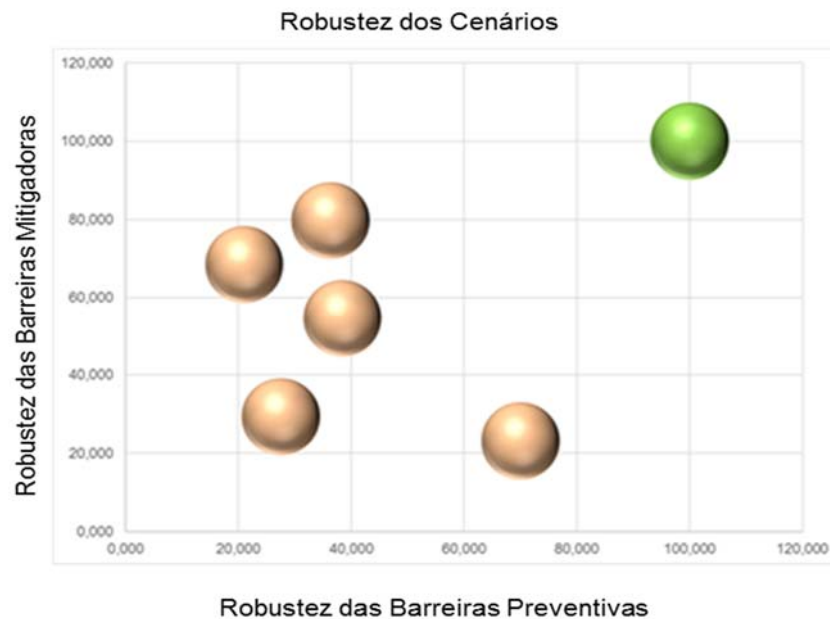
As alternativas analisadas são os Eventos Topos (cenários) relacionados à perda de contenção por corrosão ou por descontrole de variável de processo que possuem como consequência eventos de explosão e/ou incêndio. Em relação ao grau de efetividade das barreiras definidas na Tabela 2, as barreiras B1, B4, B5, B6, B7 e B8 apresentam alto nível de efetividade, pois não dependem da ação humana para atuarem e possuem rápida ação de resposta a um desvio. Já as barreiras B2 e B3 respectivamente relacionadas a funções de controle e alarme, são classificadas como de baixa eficácia. A barreira B9 responsável pelo processo de evacuação, resgate e abandono é classificada como de média efetividade, sendo constituída por elementos críticos de segurança operacional, porém depende da ação humana para viabilizar processo de evacuação, resgate e abandono da instalação.

Determinação da Robustez dos Grupos de Barreiras

A robustez das barreiras é determinada através do produto entre a efetividade e a categorização de integridade de cada barreira. A robustez dos grupos de barreiras preventivas e dos grupos de barreiras

mitigadoras dos eventos topos monitorados é inserida em um gráfico do tipo bolhas. Esta forma de visualização auxilia o decisor na identificação dos cenários mais distantes do cenário padrão que apresenta 100% de robustez conforme apresentado no Gráfico 01.

Gráfico 1 - Robustez dos cenários monitorados



Fonte: O autor

A partir da identificação da robustez dos grupos de barreiras preventiva e de barreiras mitigadoras os gestores podem priorizar o tratamento dos cenários mais vulneráveis através da recomendação de execução de ações para eliminar, contingenciar ou mitigar cenários que podem gerar ameaças/consequências indesejáveis durante a fase de operação da instalação.

Aplicação do Conceito ALARP

A definição dos critérios de tolerabilidade de risco está relacionada com a condição ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) de redução de risco aceita por cada empresa.

Sendo assim, os riscos devem ser reduzidos sempre que o custo de implementação de salvaguardas for razoável quando comparado aos benefícios obtidos com a redução dos riscos.

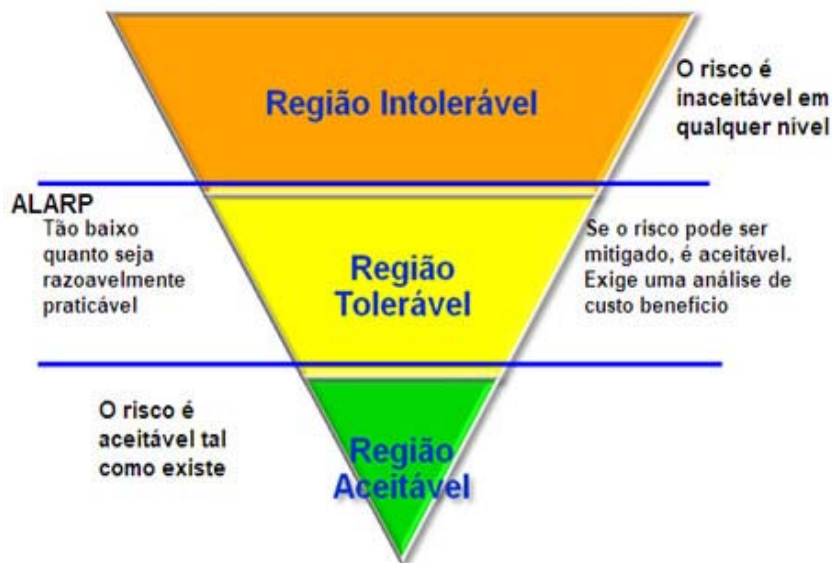
Hartford (2009), afirma que os critérios de aceitação de risco dependem do processo regulatório de cada sociedade e que estruturas regulatórias diferentes produzem diferentes critérios de tolerabilidade de riscos.

Aven e Vinnem (2005), relatam que a abordagem de risco *As Low As Reasonably Practicable* ALARP (tão baixo quanto razoavelmente praticável) considera três regiões de análise.

- Na região tolerável (aceitável) o risco é aceitável tal como existe.
- Na região ALARP se o risco for mitigável ele é aceito e exige uma análise de custo benefício.
- Na região intolerável o risco é inaceitável.

Na Figura 4 estão representadas três regiões de análise do risco.

Figura 4- Representação do conceito ALARP



Fonte: Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos ([20--])

Neste contexto, a adoção do conceito de projeto inerentemente mais seguro indica que eliminar um perigo agrega mais à segurança do que gerenciar suas consequências ou reduzir a sua frequência. Desta forma, recomenda-se a adoção da seguinte ordem de ações para a redução do risco de um determinado cenário: eliminação do perigo, substituição de uma parte de uma atividade/processo, controle do perigo, mitigação para reduzir consequências, resposta à emergência e interdição parcial ou total de sistemas (COMMISSION FOR ENERGY REGULATION, 2013)

RESULTADOS OBTIDOS

A Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional foi aplicada na forma de estudo de caso em uma instalação do tipo *Floating Production Storage and Offloading* (FPSO) durante 6 meses. Para suportar a aplicação desta metodologia foi desenvolvido um sistema informatizado.

Em função de critérios, relacionados à segurança da informação, definidos pela empresa colaboradora, não serão apresentados resultados quantitativos referentes ao nível de integridade das barreiras dos sistemas monitorados.

O instrumento de coleta de dados, selecionado para a avaliação da metodologia, foi o modelo de questionário de perguntas fechadas. Um sistema interno da empresa colaboradora, que permite a garantia da confidencialidade da identidade do respondente e exporta para planilha eletrônica os dados obtidos na pesquisa, foi adotado para encaminhar o questionário aos usuários.

Para Cury (2005), este é um método de coleta de dados de baixo custo quando comparado com os modelos de entrevista ou de observações. Além disso o modelo de questionários confere maior rapidez ao processo de coleta de dados.

O público alvo da pesquisa foi constituído por membros da equipe de operação da instalação em estudo e por especialistas da Gerência de Segurança de Processo e Práticas Operacionais que prestam suporte técnico à instalação.

O questionário foi enviado a 19 pessoas: 4 gerentes da instalação, 9 coordenadores (Produção, Manutenção e Embarcação), 1 engenheiro de processamento, 1 engenheiro de petróleo e 4 especialistas em gestão de risco (engenheiros e consultores).

Conforme apresentado na Tabela 3 o questionário adotado é constituído por 17 questões distribuídas em quatro dimensões: Perfil do Respondente (PR), Identificação dos Elementos da Metodologia *Bow Tie* (IE), Usabilidade do Sistema (U) e Contribuição para o Processo de Gestão de Risco (GR).

Tabela - 3 Questionários de avaliação da metodologia

<p>Dimensão Perfil do Respondente (PR)</p> <p>PR1 - Qual é o seu regime de trabalho?</p> <p>PR2 - Quantos anos de experiência você possui no Setor de Óleo e Gás?</p> <p>PR3 - Você é especialista da área de Segurança de Processo?</p> <p>PR4 - Você participou do treinamento de implantação Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional?</p> <p>PR5 - Durante a sua vida profissional você recebeu algum treinamento relacionado à Segurança de Processo anterior ao realizado para a implantação Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional?</p> <p>Escala de Resposta: Administrativo, De embarque, Sim ou Não</p>
<p>Dimensão Contribuição para o Processo de Gestão de Risco (GR)</p> <p>GR1 - A sua percepção de risco aumentou após a aplicação da Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional?</p> <p>GR2 - A Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional contribui para a gestão de risco durante as operações de produção?</p> <p>GR3 - Você recomendaria a implantação da Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional nas demais instalações de produção do E&P?</p> <p>Escala de Resposta: Sim ou Não</p>
<p>Dimensão Identificação dos elementos da Metodologia Bow Tie (IE)</p> <p>IE1 - Identificação dos cenários de ameaças e consequências.</p> <p>IE2 - Acompanhamento (validade e descrição das ações de contingenciamento dos equipamentos críticos.</p> <p>IE3 - Atualização dinâmica das informações oriundas dos sistemas de suporte às operações.</p> <p>IE4 - Confiabilidade das informações fornecidas pelo sistema desenvolvido para suportar a Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional.</p> <p>IE5 - Apresentação diária da condição de integridade dos processos operacionais.</p> <p>IE6 - Rotina diária de atualização de dados manuais no sistema.</p> <p>Escala de Resposta: Muito Bom, Bom, Regular, Ruim ou Muito Ruim</p>
<p>Dimensão Usabilidade (U)</p> <p>U1 - O sistema é fácil de usar.</p> <p>U2 - Eu necessito da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.</p> <p>U3 - Eu precisei de treinamento para conseguir utilizar o sistema desenvolvido para suportar a Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional.</p> <p>Escala Resposta: Concordo Completamente, Concordo em Parte, Nem Concordo e Nem Discordo, Discordo em Parte ou Discordo Completamente</p>

Fonte: o autor

As dimensões propostas foram avaliadas com o auxílio de dois tipos de escalas. O modelo de escala nominal (administrativo, de embarque, até 5 anos, de 5 a 15 anos, mais de 15 anos, sim e não) foi aplicado na etapa de identificação do perfil do respondente e na avaliação global da metodologia para gestão de risco de processo.

A avaliação das dimensões Identificação dos Elementos da Metodologia *Bow Tie* e Usabilidade do sistema foram avaliadas através de escala de Likert. (LIKERT, 1932). Este tipo de escala é caracterizado por possuir número reduzido de opções para seleção e possui cinco níveis de respostas.

Análise do Questionário

O questionário foi encaminhado a 19 pessoas. Deste total de potenciais respondentes 15 contribuíram com a pesquisa, valor que representa 78,95% do total de questionários enviados. As respostas obtidas foram copiladas e processadas com objetivo de permitir a análise e interpretação da opinião dos respondentes através da aplicação conceitos de estatística.

Dimensão Perfil do Respondente

Os respondentes são representados por dois grupos. Um grupo constituído por especialista em segurança de processo e outro formado por não especialistas de segurança de processo, membros da instalação foco da pesquisa (equipe de liderança e engenheiros de base).

Em relação ao regime de trabalho identificou-se que o grupo de não especialista é representado em sua maioria por profissionais que trabalham em regime de embarque, enquanto o grupo de especialista é representado por profissionais que trabalham em regime administrativo.

Ao avaliar o tempo de experiência dos respondentes pode-se identificar que a maioria dos participantes da pesquisa é formada por profissionais experientes. Apenas 33% dos respondentes possuem menos de cinco anos de experiência profissional no setor de Óleo e Gás e maioria dos não especialistas trabalham embarcados.

A análise dos dados obtidos permitiu identificar que mais de 60% dos respondentes participaram do treinamento de implantação do Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional, participaram de treinamento anterior relacionado à segurança de processo e tinham conhecimento prévio da Metodologia *Bow Tie*.

Dimensão Identificação dos Elementos da Metodologia Bow Tie

A dimensão identificação dos elementos da Metodologia *Bow Tie* foi analisada através das questões IE1 a IE6 do questionário. A análise da visão dos dois grupos permite identificar uma maior uniformidade de opiniões no grupo de especialista em segurança de processo. Das questões respondidas pelo grupo de especialista em segurança de processo 80% obtiveram resposta que variaram entre Muito Bom e Bom.

Por outro lado, a percepção do grupo de não especialistas em segurança em relação ao item EI6 indica que mais de 50% dos respondentes consideram a rotina de atualização diária de dados inadequada. Fato que pode ser explicado em função da criação de mais uma tarefa dentro da rotina do grupo de não especialistas.

Dimensão Usabilidade

Usabilidade é a medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos, para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação, em um contexto específico de uso (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1998).

A análise da dimensão usabilidade foi realizada através dos itens U1, U2 e U3. Cada um destes itens foi avaliado de acordo com uma escala constituída por cinco níveis (Concordo Completamente, Concordo, Nem Concordo Nem Discordo, Discordo em Parte, Discordo Totalmente).

Para o grupo de especialistas em segurança de processo o sistema desenvolvido para aplicação da Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional é um sistema fácil de utilizar (U1). Este item apresentou 80% de favorabilidade com resposta variando entre Concordo Completamente e Concordo em

Parte. A análise dos itens U2 e U3 indica que o grupo de especialistas necessitou de treinamento para utilizar o sistema, mas que após este treinamento não necessitou de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos relativos ao sistema.

A percepção do grupo de não especialista em relação aos itens U1, U2 e U3 indica que 57% deste grupo utiliza o sistema com facilidade. Apenas 40% dos respondentes deste grupo indicaram a necessidade da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para utilizar o sistema e 80% indicaram que necessitou de treinamento para utilizar o sistema.

Dimensão Contribuição do Sistema o Processo de Gestão de Risco

As questões GR1, GR2 e GR3 avaliam a dimensão contribuição para o processo de gestão de risco. As opções de respostas para estas questões são Sim ou Não. De acordo com as respostas obtidas foi evidenciado que ambos os grupos concordam que:

- A percepção de risco aumentou após a utilização do Sistema SSOP;
- O sistema contribuiu para a melhoria da gestão de risco durante as operações de produção;
- A Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional deve ser implantada em outras instalações.

CONCLUSÕES

A Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional mostrou-se eficaz como modelo de suporte à decisão para a gestão de risco na fase de operação das instalações de produção. Tanto na avaliação do grupo de especialistas quanto na avaliação do grupo de não especialistas foi constatado que o modelo proposto permite monitorar os elementos da Metodologia *Bow Tie* diariamente através da atualização dinâmica das informações, hierarquizar os cenários de risco e monitorar a validade dos contingenciamentos adotados para a garantia da segurança das operações.

Foi possível constatar que o sistema informatizado desenvolvido para suportar a metodologia apresenta de forma sequencial desde a causa inicial à consequência final de um cenário de risco através da integração automatizada de dados relacionados às disciplinas de operação, manutenção, inspeção e segurança.

A metodologia aplicada mostrou-se como uma útil ferramenta para auxiliar o planejamento do processo de manutenção, as reuniões de análise simultaneidade de serviços para liberação de permissão de trabalho (PT), o processo decisório para a definição de contingenciamentos e/ou a retirada de operação de sistemas que apresentem cenários de risco fora da região ALARP.

Sendo assim, em função dos benefícios expostos, a Metodologia de Diagnóstico de Segurança Operacional passou a fazer parte do processo de gestão de risco da empresa colaboradora e será implantada em outras três instalações, duas do tipo FPSO e uma instalação do tipo fixa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil). **Regulamento técnico do Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional das instalações marítimas de perfuração e produção de petróleo e gás natural**. [Brasília], 2007. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=60130&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1360105600625>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

AVEN, T.; VINNEM, J. E. On the use of risk acceptance criteria in the offshore oil and gas industry. **Reliability Engineering and System Safety**, Amsterdam, v. 90, n. 1, p. 15-24, Oct. 2005.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. **Avaliação de risco**. ([20--]). Disponível em: <http://www.abag.org.br/avaliacao_risco.html>. Acesso em: 20 jan. 2015.

COMMISSION FOR ENERGY REGULATION. **ALARP Guidance**. 2013. Disponível em: <[www.cer.ie/docs/000662/CER13282 ALARP Guidance Document](http://www.cer.ie/docs/000662/CER13282%20ALARP%20Guidance%20Document.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2014.

CURY, Antônio. **Organização e métodos: uma visão holística**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

DIANOUS, V.; FIÉVEZ, C. ARAMIS Project: a more explicit demonstration of risk control through the use of bow-tie diagrams and the evaluation of safety barrier performance. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 130, n. 3, p. 220-233, 2006.

HARTFORD, D.N.D. Legal framework considerations in the development of risk acceptance criteria. **Structural Safety**, Amsterdam, v. 31, n. 2, p. 118-123, Mar. 2009.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **OGP: risk assessment data directory: report no. 434 – 17: major accidents**. London, Mar. 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9241-11: ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs): part 11: guidance on usability**. Geneva, 1998.

KHAKZAD, N.; KHAN, F.; AMYOTTE, P. Dynamic risk analysis using bow-tie approach. **Reliability Engineering and System Safety**, Amsterdam, v. 104, p. 36-44, Aug. 2012.

LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. New York: The Science Press, 1932. 55 p. (Archives of Psychology, v. 22, n. 140).

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: Makron, 1991.

PETROBRAS. **Técnica de Análise de Risco N 2782**. 2014. Disponível em: <<http://nortec.engenharia.petrobras.com.br>>. Acesso em: 05 jul. 2014.

REFSDAL, I.; URDAHL, O. Technical integrity management in Statoil. In: ABU DHABI INTERNATIONAL PETROLEUM EXHIBITION AND CONFERENCE, 2014, Abu Dhabi. **Papers...** Richardson: Society of Petroleum Engineers, 2014.

SAUD, Y. E.; ISRANI, K.; GODDARD, J. Bow-Tie diagrams in downstream hazard identification and risk assessment. **Process Safety Progress**, Hoboken, v. 33, n. 1, p. 26-35, May 2013.