

Blowout no Poço de Frade – Uma Análise das Causas usando a Teoria de Sistemas

Marco Aurélio Pestana^a – marco.pestana@usp.br

Joaquim Rocha dos Santos^a – jrsantos@usp.br

Marcelo Ramos Martins^a – mrmartin@usp.br

^aLabRisco - Laboratório de Análise, Avaliação e Gerenciamento de Riscos

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo

RESUMO

Um dos piores acidentes que podem ocorrer em um poço de petróleo é o fluxo descontrolado e em larga escala do reservatório de hidrocarbonetos para o meio ambiente, conhecido como *blowout*. Em 2011, o poço 9-FR-50DP-RJS, localizado na área 1 do campo de Frade, teve um vazamento de 3.700 barris de petróleo que se estendeu por uma distância de 120 km da costa do estado do Rio de Janeiro. Relatórios técnicos emitidos pela ANP classificaram este acidente como um *underground blowout*¹ que, a partir de uma análise baseada em uma sequência de eventos (árvore de falhas), indicou que o acidente foi resultado dos seguintes eventos: a ocorrência de *kick*, a fratura em poço aberto e a migração de óleo até o fundo do mar. A conclusão apresentada pela ANP foi que “... a Chevron falhou no controle do poço ...”. Com base nestes documentos, este trabalho tem o propósito de realizar a análise desse mesmo acidente considerando a metodologia *STAMP/CAST* (*Systems-Theoretic Accident Model and Processes/ Causal Analysis based on Systems Theory*). A aplicação desse método amplia a análise do acidente por permitir o entendimento da estrutura de controle envolvida no sinistro. Como resultados, a aplicação do *STAMP/CAST* capturou novos *insights*, o que permitiu melhor entendimento do acidente corroborando para a aquisição de novos conhecimentos, prevenção de acidentes futuros e melhoria no nível de segurança de projeto, construção, produção e intervenção em poços de petróleo no mar.

Introdução

Acidentes envolvendo influxos descontrolados em poços de petróleo *offshore* geram graves problemas ambientais, uma vez que sua ocorrência gera severas consequências para o ecossistema. Em um cenário mundial, estima-se que nos últimos 80 anos, foram lançados mais de 7,4 bilhões de litros de petróleo ao mar, não sendo raros os casos de acidentes de *blowout*. Dados da ANP apontaram que no período de 2012 a 2016 foram registradas nove ocorrências de eventos de *blowout* em um total de 61 incidentes registrados [2]. Entre as causas mais comuns citam-se falhas de cimentação, inadequação do *Blowout Preventer (BOP)*², análise de risco deficiente, procedimentos sem o detalhamento necessário, treinamento inadequado, comunicação ineficiente e cultura de segurança prejudicada. A Tabela 1 apresenta algumas informações sobre esses acidentes

Tabela 1 – Alguns acidentes relacionados com a perda de integridade de poços no Brasil [2].

Área/Ano	Acidente	Caracterização	Principais causas identificadas
Sapinhoá, 2013.	<i>Kick / Underground blowout</i> de água no poço 8-SPH-11-SPS Etapa do ciclo de vida: construção (perfuração)	Perda do poço	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Não realizada abrangência de incidentes em poços similares construídos pelo mesmo operador do contrato; ▪ Gestão de mudança não contemplou todos os cenários de riscos.

¹ *Underground blowout* é definido como o fluxo dos fluidos de formação de uma zona para outra [1].

² O *BOP* é um equipamento que contém um conjunto de válvulas que impedem que haja influxo pela cabeça de poço para a superfície [2]

Área/Ano	Acidente	Caracterização	Principais causas identificadas
Campo de Marlim, 2013.	Poço 7-MRL-131HP-RJS Etapa do ciclo de vida: Abandono temporário (sem monitoramento)	<ul style="list-style-type: none"> Vazamento de 111 litros de petróleo pela árvore de natal de poço desconectado da plataforma 	<ul style="list-style-type: none"> Abertura inadvertida das válvulas da árvore de natal; Falha no Conjunto solidário de barreiras (CSB).
Campo de Frade, Área 2, 2012.		<ul style="list-style-type: none"> Vazamento de 55 litros de petróleo Fratura de reservatório até o leito marinho 	<ul style="list-style-type: none"> Pressão de injeção maior que a resistência da rocha; Gestão de mudança inadequada; Não atendimento às boas melhores práticas.
Campo de Frade, Área 1, 2011.	<i>Kick/Underground blowout</i> do poço 9– FR-50DP-RJS. Etapa do ciclo de vida: Projeto/ Construção	<ul style="list-style-type: none"> Vazamento de 3.700 barris de petróleo. <i>Underground blowout</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Falha de projeto na estimativa da pressão de poros; Paredes do poço submetidas a pressões superiores ao seu limite de resistência; Premissas de projeto inadequadas para a incerteza da pressão de poros.
Campo de Marlim Sul, 2004 Taquipe, 2000	Poço 8-MLS-61HPA Etapa do Ciclo de Vida: produção Poço TQ-82 Etapa do Ciclo de Vida: produção	<ul style="list-style-type: none"> Fratura do reservatório até o leito marinho. Vazamento de água de injeção para o entorno do poço. 	<ul style="list-style-type: none"> Pressão de injeção maior que a resistência da rocha (reservatório compartimentado). Vazamento de água de injeção para o entorno do poço.
Plataforma de Enchova, 1984 e 1988	Campo de Enchova Etapa do Ciclo de Vida: intervenção	<ul style="list-style-type: none"> Morte de 42 trabalhadores em 1984. (Nota: Relacionadas à queda da baleeira durante evacuação – Enchova 1984) Destruição da Plataforma em 1988. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>BOP</i> não estava em condições de operação durante conversão de poço de óleo para gás; Vazamento em um dos poços conectados à plataforma.

Um dos acidentes mais significativos do Brasil ocorreu em novembro de 2009 no Campo de Frade, um campo localizado na bacia de campos (RJ). Este acidente ocorreu durante operações de perfuração do poço 9-FR-50DP-RJS, que sofreu um evento de *kick* evoluindo para um *underground blowout*. Esse acidente resultou em um vazamento de 3.700 barris de petróleo no mar. As investigações oficiais da ANP [3] indicaram que o vazamento foi causado por 3 fatores: a ocorrência de um *kick*; um *underground blowout*; e a existência de um caminho do fluxo de fluídos entre a fratura ocasionada pelo *blowout* e o leito marinho. Ao final, o relatório concluiu que houve graves falhas no controle do poço por parte da operadora.

De modo a contribuir com este relatório este trabalho faz uma extensão da análise deste acidente baseado na metodologia *STAMP/CAST*. Esta metodologia muda o foco da determinação das causas raízes buscando entender melhor a ocorrência do acidente a partir do entendimento da estrutura de controle e restrições existentes. LEVESSON [4] defende que este entendimento é essencial para a avaliação dos acidentes, uma vez que a maior parte dos acidentes ocorrem devido a falhas no sistema de controle, restrições existentes ou mesmo comunicação ineficiente entre os diversos níveis da estrutura. O objetivo do *STAMP/CAST* não é encontrar um culpado (seja este um componente ou ser humano que falhou) mas sim avaliar as falhas existentes nas estruturas como será apresentado a seguir.

STAMP / CAST – Um modelo novo para avaliação de acidentes

O *STAMP* (*System-Theoretic Accident Model and Processes*) é um modelo de causalidade desenvolvido, entre outros, para análise de acidentes. Sua abordagem difere das técnicas tradicionais uma vez que as causas do acidente não estão relacionadas unicamente às falhas de componentes ou humanas, mas a um conjunto amplo de fatores que incluem as interações existentes entre os componentes, falhas na estrutura de controle, decisões operacionais e gerenciais e aspectos sócio-técnicos [4].

A principal característica desta ferramenta é que a segurança é tratada como um problema de controle. A modelagem através do *STAMP* baseia-se em três conceitos chave: restrições de segurança (*safety constraints*), estrutura hierárquica de controle (*hierarchical control structures*) e modelo de processo (*process*

model). As restrições de segurança definem as condições a serem evitadas para que o sistema não evolua para um estado de perigo que, diante de condições ambientais específicas podem causar acidentes.

O conceito da estrutura hierárquica de controle reflete a hierarquia de controle do sistema analisado. Entre dois níveis de controle (vide Figura 1), o nível hierárquico superior gera ações de controle ao(s) níveis inferior(es). Esses, por sua vez, realimentam seu nível superior com as informações necessárias (*feedback*).

Acidentes acontecem quando o controle funciona de forma inadequada, seja por ações inseguras, falhas na comunicação, *feedback* de acidentes/incidentes ou mesmo a imperceptibilidade da ausência de restrições essenciais.

Por fim, o conceito do modelo de processo. Sistemas com controle humano ou controle automático necessitam de “modelos do sistema real” para executar suas tarefas. Esses modelos devem ser tão precisos quanto possível.

A Figura 1 apresenta um sistema composto cuja estrutura hierárquica contém um único nível de controle. O controlador gera as Ações de Controle considerando as informações de *feedback* e o modelo de processo disponível. Nos casos em que esta percepção envolve o controlador humano, este modelo é definido como um modelo mental. Se existem boas percepções do sistema ou do controlador humano evitam ações inseguras que possam desencadear em incidentes.

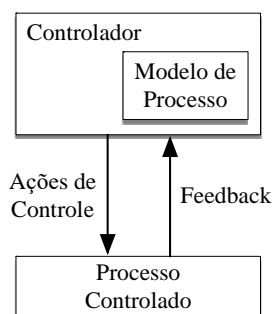


Figura 1 - Controle do Processo [4]

A fundamentação teórica do modelo *STAMP* deu origem a outras ferramentas como o *STPA* (*System-Theoretic Process Analysis*) e a *CAST* (*Causal Analysis based on System Theory*), que será tratada ao longo deste artigo. Enquanto o *STPA* tem um foco proativo na análise de perigos, a *CAST* busca o entendimento de acidente a partir de cenários que já ocorreram. Esta compreensão leva prevenção de acidentes e redução das perdas e entendimento do processo dinâmico que levou a perda.

Apesar dos diferentes propósitos entre a análise *CAST* e o *STPA*, existe uma relação muito estreita entre elas uma vez que a análise *CAST* pode contribuir com o *STPA* na identificação dos cenários [4]. Na Seção seguinte será apresentado a aplicação da análise *CAST* no acidente de Frade de forma a entender o processo dinâmico que levou às perdas a partir da documentação da estrutura de controle de segurança, possíveis violações, e níveis de controle.

O ACIDENTE DE FRADE: UMA ABORDAGEM A PARTIR DA ANÁLISE CAST

Em novembro de 2009, o Campo de Frade, localizado na bacia de campos (RJ), apresentou um vazamento de hidrocarbonetos de grandes proporções decorrente das operações de perfuração do poço 9-FR-50DP-RJS. Durante a perfuração, este poço sofreu um evento de *kick*, no momento em que atingiu o trecho superior do reservatório N560, que se encontrava pressurizado. Procedimentos de contenção do *kick* foram realizados, entre eles, o fechamento do *BOP*. Este fechamento conteve o *kick*, mas desencadeou sobrepressurização da região, causando uma fratura na rocha selante do reservatório, em função da sua fragilidade. Esta fratura resultou em um fluxo descontrolado de óleo, isto é um *underground blowout*, com vazamento de 3.700 barris de petróleo no mar. As investigações oficiais da ANP [2] indicaram que o vazamento foi causado por 3 fatores: a ocorrência de um *kick*, um *underground blowout* e a existência de um caminho do fluxo de fluídos entre a fratura ocasionada pelo *blowout* e o leito marinho.

Os próximos parágrafos apresentam a análise desse acidente a partir da ferramenta *CAST*, que envolve a aplicação de 5 etapas conforme ilustrado na Figura 2.

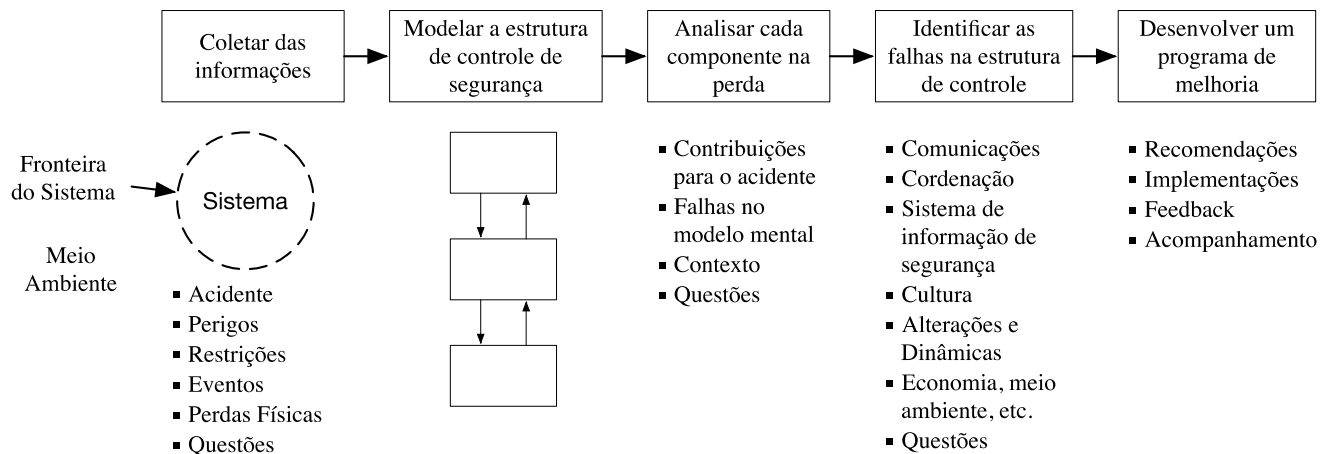


Figura 2 - Etapas da análise CAST [5].

A primeira etapa da análise CAST consiste na coleta das informações sobre o acidente. Nessa coleta devem ser definidos os seguintes itens: sistema, fronteiras, perigos, restrições existentes, os eventos envolvidos nas perdas e as perdas físicas em termos de equipamentos e controles.

Para o acidente de Frade, o sistema foi modelado por três visões: uma física, representado o poço, a sonda de perfuração e o FPSO Frade; uma operacional, representando a engenharia, os operadores/gerentes envolvidos; e uma terceira, em nível de gestão, englobando as empresas envolvidas e governo.

O *underground blowout* representa o perigo em nível de empresa, sendo definido por uma saída descontrolada do fluido invasor para outra formação. A ocorrência deste evento pode gerar graves consequências para o meio ambiente como a contaminação do ambiente marinho pelo vazamento descontrolado de petróleo, além de possíveis consequências materiais e humanas.

Durante a perfuração, duas barreiras de segurança são impostas para evitar esse acidente: a barreira primária caracterizada pela pressão exercida pela lama de perfuração; e a barreira secundária definida pela estrutura de isolamento hidráulico formada pelas paredes do poço aberto, sapata e revestimento de 12 3/8", conexões do BOP com a base da adaptadora da produção (BAP) e a estrutura interna do BOP. Estas barreiras devem prevenir a exposição de petróleo para o ambiente marinho e são definidas como restrições de segurança (*Safety Constraints*). Além destas restrições existem outros sistemas que permitem o monitoramento do poço (*Flow Check, Leak of Test - LOT*) de forma a evitar controlar um evento *kick* que pode desencadear em um *blowout*. Além destas restrições é esperado que:

- 1) Os poços sejam perfurados sob monitoramento constante;
- 2) Devem ser adotadas medidas de redução de vazamentos de óleo, em caso de sua ocorrência;
- 3) Devem ser providos meios efetivos para identificação e de vazamentos de óleo ao mar;
- 4) Devem estar disponíveis meios para mitigação das consequências.

Em nível governamental, o perigo é definido pela exposição de óleo no leito marinho, apresentado as seguintes restrições de segurança <incluir referência>:

- 1) O ambiente marinho não deve ser exposto ao óleo oriundo das operações de exploração;
- 2) Medidas devem ser adotadas em caso de uma exposição accidental;
- 3) Devem ser providas medidas para mitigação de eventos de vazamento de forma a minimizar as perdas

A identificação e a descrição dos eventos envolvidos na perda têm como objetivo prevenir acidentes no futuro, por meio do entendimento da contribuição de cada evento. A avaliação conjunta dos eventos pode ser atingida através de perguntas que possam definir os eventos (o que ocorreu) e as causas (porque ocorreu). A Tabela 2, baseada no relatório da ANP [3], apresenta cronologia de alguns eventos à ocorrência do acidente de Frade. A descrição de todos eventos pode ser consultada em [3].

Tabela 2 – Sequência de eventos [3]

ID	Evento
15	Início da perfuração do poço 9-FR-50DP-RJS, o segundo <i>sidetrack</i> do poço 9-FR-46D-RJS. Perda de 40 bbl em 24 horas.
16	Primeira observação de <i>kick</i> : observação de ganho de 4 bbl durante perfuração da seção sinusoidal de 8 1/2" do poço. (3.329 m (MD), após 272 m perfurados neste poço). Após desligamento das bombas e realização de teste de fluxo, verificou-se um ganho de 14 bbl em 4 min. O poço foi fechado no preventor anular do <i>BOP</i> . Densidade da lama era de 9,5 ppg.
17	Tentativa de circular o <i>kick</i> por meio do método do sondador. Bombeados 115 bbl e recebidos de volta apenas 3 bbl (perda de 112 bbl - Indícios de fratura da formação).
18	Petrobras (ativo de Roncador) observou mancha de óleo de origem desconhecida.
19	Após 3 tentativas de matar o poço sem sucesso, pelo método do sondador, aumentou-se o peso da lama para 10,1 ppg.
20	Foi tomada a decisão de iniciar procedimento de <i>bullheading</i> no poço.
21	Iniciado o <i>bullheading</i> a 30 spm (<i>strokes per minute</i>). Total de 2 <i>bullheading</i> com duração de 2,5 horas cada e perda de 850 bbl para a formação nas últimas 24 horas.
22	Realizado o terceiro procedimento de <i>bullheading</i> , completando a operação planejada. Pressões monitoradas.
23	Durante circulação da linha de <i>kill</i> para a linha de <i>choke</i> , foram encontrados traços de óleo no <i>mud tank</i> , indicando que o poço ainda não estava amortecido.
24	Chevron identificou, por meio de ROV, fluxo de óleo no fundo do oceano, próximo ao poço 9-FR-50DP-RJS.
25	O poço foi aberto e monitorado no <i>trip tank</i> . Observada a perda de 120 bbl em 1 hora.
26	Monitorando o poço, completando o poço com fluido de perfuração (perda para a formação). Perda de 97 bbl nas últimas 24 h.
27	<i>Wild Well Control</i> , empresa especializada em controle de poço, é contatada pela Chevron.
28	Monitorando o poço, completando o poço com fluido de perfuração (perda para a formação). Perda de 84 bbl nas últimas 24 h.
29	Monitorando o poço, completando o poço com fluido de perfuração (perda para a formação). Perda de 79 bbl nas últimas 24 h.
30	Equipe da <i>Wild Well Control</i> chega ao escritório da Chevron.
31	Final da corrida do primeiro perfil de temperatura e pressão, efetuada para verificar o ponto de fratura do poço.
32	Início do procedimento de <i>dynamic kill</i> . Equipe da WWCi na sonda às 17:00.
33	Realizada uma nova perfilagem de pressão e temperatura após o <i>dynamic kill</i> , indicando que o influxo do reservatório N560 para o poço foi controlado.
34	Continuou-se completando o anular com lama de 10,1 ppg e a coluna com lama de 13,9 ppg. Schlumberger identificou nível do fluido no <i>drill pipe</i> em 382 m (na avaliação anterior foi identificado em 428 m).
35	Chevron bombeia o cimento do primeiro tampão e aguarda a pega.
36	Descida do <i>tractor Welltec</i> com ferramenta de <i>caliper</i> e temperatura da <i>Schlumberger</i> até 3.155 m (MD). O perfil de temperatura apresenta, mais uma vez, indícios de amortecimento do poço.

A segunda etapa da análise *CAST* é modelar a estrutura de controle e segurança. Esta estrutura é definida pelos controles existentes capazes de prevenir os perigos [5]. A definição da estrutura de controle e segurança permite entender melhor o contexto de um acidente de forma a reforçar as restrições do sistema. A Figura 3 mostra a estrutura de controle e segurança considerando a legislação atual.

Nesta estrutura são representadas 2 estruturas principais. A estrutura governamental e a estrutura da empresa exploratória que compõem a Chevron América Latina, a *Chevron Upstream Frade* e a *Transocean Brasil*. As empresas Petróleo Brasileiro (Petrobrás) e Frade Petróleo Japão Ltda., integrantes do consórcio exploratório, foram excluídas inicialmente da análise. Cada uma destas estruturas está interligada através de setas que definem a comunicação existentes entre os diversos níveis, onde o nível superior controla os níveis inferiores. A Chevron América Latina e *Chevron Upstream Frade* são controladas pela estrutura governamental, que através sua estrutura regulamenta, licencia e fiscaliza as atividades destas empresas. Nesta estrutura podemos destacar os seguintes controles:

- Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP): É uma autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia, responsável entre outros pelas ações de controle e fiscalização [6].
- Marinha do Brasil: Ligada ao Ministério da Defesa, a Marinha do Brasil deve contribuir para a formulação e condução de políticas nacionais que digam respeito ao mar e executar inspeções navais. Além destas obrigações a Marinha tem como responsabilidade implementar e fiscalizar o cumprimento de leis e regulamentos, no mar e nas águas interiores, em coordenação com outros órgãos do Poder Executivo, federal ou estadual, quando se fizer necessário, em razão de competências específicas [7].

- **SISNAMA:** Estrutura de gestão ambiental do Brasil. Compõe o IBAMA, ICMBio, CONAMA além dos órgãos superior, central, seccionais e locais [8]. O IBAMA é órgão executor do SINAMA vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA). Tem como responsabilidade a execução de ações de licenciamento, fiscalização e proteção ambiental. O CONAMA é um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Tem entre outras funções, estabelecer, mediante proposta do IBAMA, normas e critérios para o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, a ser concedido pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios e supervisionada pelo referido Instituto;

Deve-se destacar que a estrutura governamental apresentada anteriormente tem como objetivo fiscalizar e regulamentar as atividades de exploração de forma possíveis impactos ambientais decorrentes da atividade exploratória. Este controle é realizado pelo o governo através da imposição de ações que visam reforçar segurança da estrutura de controle. Na análise CAST, não foram encontrados documentos que comprovem falhas na estrutura governamental.

A próxima estrutura de controle é a Chevron America Latina. Esta estrutura é responsável por algumas políticas de segurança a serem seguidas por suas filias e empresas terceiras que porventura venham a ser subcontratadas, como por exemplo a *Transocean*. No caso de Frade, a *Transocean* foi a empresa contratada para executar o plano de perfuração elaborado pela Chevron. O acórdão emitido pelo Tribunal Marítimo [9] demonstram que durante o processo de execução a *Transocean* buscou manter o fluxo de informações com a Chevron acerca das atividades executadas.

Por fim, as atividades pertinentes a *Transocean* estão controladas através dos níveis gerenciais que atuam sobre o controle dos operadores e estes monitorando as variáveis de interesse e executando as operações de perfuração. As variáveis de interesse são representadas pela variação dos barris de fluido de perfuração, a densidade da lama e os possíveis indícios de vazamento de óleo.

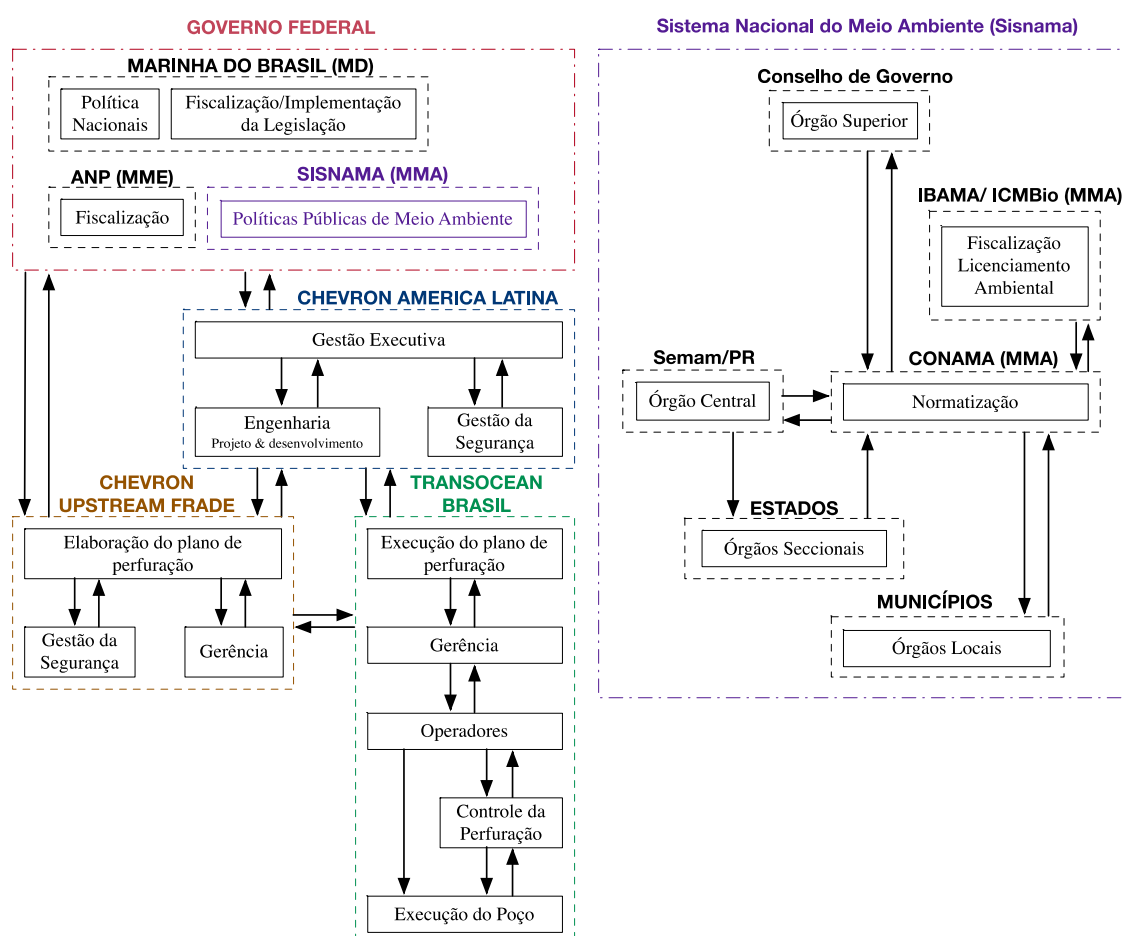


Figura 3 - Estrutura de controle para o acidente de Frade

É importante destacar que cada componente desta estrutura apresenta responsabilidades em relação a segurança do sistema. A definição destas estruturas é essencial para a análise *CAST* uma vez que ela tem como objetivo identificar os controles existentes e reforçá-los de forma a prevenir de futuros acidentes.

Na terceira etapa da análise *CAST* é realizada a análise de cada componente na perda, onde são avaliadas contribuições para ocorrência do evento. Em nível físico do sistema foram identificadas duas barreiras: Uma barreira primária representando a pressão hidrostática exercida pelo fluido ou lama de perfuração sobre as formações com a função de prevenir influxos indesejados de fluidos e garantir da estabilidade mecânica do poço e a barreira secundária. Esta compõe a estrutura de isolamento hidráulico formada pelas paredes do poço aberto, sapata e revestimento de 12 3/8", conexões do *BOP* com a base da adaptadora da produção (*BAP*) e a estrutura interna do *BOP*. Tanto a barreira primária com a barreira secundária deve prevenir a exposição de petróleo para o ambiente marinho. Do ponto de vista da análise *CAST* as barreiras atuaram nas funções pelas quais foram requeridas, com exceção da cimentação em que estima-se que houve falhas permitindo migração do fluido do reservatório N560 para o poço 9-FR-50DP-RJS para as formações adjacentes ao mesmo através das paredes do poço aberta, sapata de 13 3/8" e revestimento de 13 3/8". Por outro lado, os modelos metais de alguns controles permitiram a ocorrência de ações inseguras, contribuindo para ocorrência do acidente.

Ao nível de controle da gestão executiva, a Chevron acreditou que a engenharia e a parte operacional estavam devidamente preparadas para executar o projeto sem riscos de acidentes. Esta falha no modelo mental permitiu autonomia suficiente para que estes controles executarem as seguintes ações inseguras:

- a) Controle ao nível de projeto: a equipe definiu um projeto com assentamento da sapata a baixa profundidade (600 m do leito marinho), com poucas fases. Esta ação permitiu uma maior fragilidade da rocha que culminou na fratura em função da sobrepressão. Além disso a classificação do poço 9-FR- 50DP-RJS como especial permitiu um critério de tolerância ao *kick* reduzido. Os documentos analisados demonstram que havia um desconhecimento da geologia local, resultando em incertezas que culminaram em um peso de lama inadequado para a geologia local.
- b) Controle ao nível de operações: O monitoramento das pressões e perdas de lama foi efetivo, entretanto a o controle não conseguiu detectar o underground *blowout*. Além disso os procedimentos realizados para conter o *kick* agravaram o problema uma vez que tais controles não eram adequados para efetivo controle. A pressão elevada associada ao fechamento do *BOP* culminou na fratura da formação e fluxo de óleo pelas estruturas adjacentes ao poço.

Na quarta etapa da análise *CAST* é destinada a identificar as falhas na estrutura de controle. Apesar de não estar explícito nos documentos analisados as ações tomadas pela gestão executiva demonstram que ocorreram falhas de treinamento e falhas de comunicação que agravaram o incidente de Frade. A cultura de segurança adotada pela empresa não estava suficientemente robusta uma vez que permitiu que fossem tomadas diversas ações inseguras ao logo do acidente.

O reservatório N560 estava sendo pressurizado, o que fez com que os critérios de projeto usados para o poço fossem inadequados, uma vez que a pressão do poço era superior ao esperado pela equipe de projeto. Além disso, em nível operacional, os procedimentos disponibilizados para Chevron para o controle de *kick* e *blowout* não eram adequados uma vez que não conseguiram impedir a ocorrência do underground *blowout*.

A última etapa da análise *CAST* é destinada ao desenvolvimento de um programa de melhoria contínua por meio de recomendações para alteração da estrutura de controle afim de prevenir acidentes futuros. Como recomendações a análise *CAST* sugere melhor treinamento dos setores da engenharia e operacional de forma a evitar ações inseguras devido a falhas nos modelos mentais. Além disso a execução do projeto de acordo com as práticas recomendadas e a avaliação/aprovação do projeto reforçaria as restrições de forma e evitar a execução de um projeto sem um estudo geológico adequado.

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos mostram que a análise *CAST* captura informações que podem servir para contribuir para prevenção de novos acidentes. A análise da estrutura de controle comprovou que ocorreu parte do acidente foi agravada em função das falhas dos modelos mentais. O treinamento e a adoção de procedimentos claros e adequados evitaria ações inseguras que pudessem ocasionar e agravar os eventos de *kick* e *underground blowout*. Por fim, a reavaliação da cultura de segurança permitirá um melhor controle dos riscos e por consequência evitar que novos acidentes de underground *blowout* ocorram.

CONCLUSÕES

A análise dos acidentes por meio da ferramenta *CAST* permite melhores aprendizado, uma vez que deixa o foco da análise causas raízes para analisar o sistema, suas interações e as restrições existentes entre os diferentes níveis. A análise *CAST* deixa de lado muitas vezes o caráter “punitivo” encontrado em muitas análises, buscando entender quais controles não estavam devidamente reforçados ou inexistentes. A análise através desta ferramenta permite um melhor aprendizado de forma a reduzir a ocorrência de possíveis eventos de perigo e por consequência evitar a ocorrência de acidentes.

REFERÊNCIAS

- [1] GRACE, R. D. *et al. Blowout and well control handbook*. Elsevier Publishing, New York. (2003)
- [2] ANP. Nota técnica sobre o SGIP: Proposta de Regulamentação para o Sistema de Gerenciamento da Integridade de Poços(SGIP) e Análise dos Impactos Regulatórios(AIR), 2016.
Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/Concluidas/2016/n13/Nota-Tecnica-258-SSM-2016.pdf Acesso em: 05 setembro 2016.
- [3] CABRAL, C.; TEIXIRA, L., “Investigação do Incidente de Vazamento de Petróleo no Campo de Frade”, Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), 2012.
- [4] LEVESON, N. G. *Engineering a Safer World*. The MIT Press Cambridge, London, England, (2011).
- [5] LEVESON, N. G. *CAST Handbook : How to Learn More from Incidents and Accidents*, (2019).
- [6] BRASIL. Decreto nº 2.455, de 14 de janeiro de 1998. Implanta a Agência Nacional do Petróleo - ANP, autarquia sob regime especial, aprova sua Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções de Confiança e dá outras providências.
Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2455.htm. Acesso em: 09 ago. 2019.
- [7] BRASIL. Decreto nº 5.417, de 13 de abril de 2005. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas do Comando da Marinha, do Ministério da Defesa, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5417.htm. Acesso em: 09 ago. 2019.
- [8] BRASIL. Decreto nº 99.274, de 06 de Junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D99274.htm. Acesso em: 09 ago. 2019.
- [9] BRASIL. Tribunal Marítimo. Processo nº 27.050/12. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/tm/sites/www.marinha.mil.br/tm/files/file/acordao_calendario/27050%20C.pdf Acesso em: 09 ago. 2019.