RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO DE INCIDENTE

SONDA MARÍTIMA NORBE VIII (NS-32)

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

SUPERINTENDÊNCIA DE SEGURANÇA OPERACIONAL E MEIO AMBIENTE (SSM)

Dezembro/2018

Diretor Geral

Décio Fabricio Oddone da Costa

Diretores

Aurélio Cesar Nogueira Amaral

Felipe Kury

José Cesário Cecchi

Dirceu Amorelli

Superintendente de Segurança Operacional e Meio Ambiente

Marcelo Mafra Borges de Macedo

Superintendente Adjunto de Segurança Operacional e Meio Ambiente

Carlos Agenor Onofre Cabral

Equipe de Investigação de Incidentes

Bruno Alves de Oliveira

Daniela Goñi Coelho - Investigadora Líder

Flávio Barroso Neves

Luciano da Silva Pinto Teixeira

Sumário

Introdução 4
1. Descrição do incidente 5
1.1. Configuração dos sistemas e equipamentos envolvidos no acidente 5
1.2. Sistemas de controle e proteção das caldeiras 7
1.3. Aspectos operacionais 12
1.4. Integridade das caldeiras e sistemas de proteção 13
2. Cronologia de eventos 13
3. Árvore de falhas do evento 16
3.1. Fator Causal nº 1: Não atuação do sistema de controle de pressão 17
3.2. Fator Causal nº 2: Não atuação das válvulas de alívio de pressão (PSVs) 18
4. Causas Raiz 20
4.1 Causa Raiz nº 1: Falha na identificação de cenário de explosão nas caldeiras na Análise de Risco 20
4.2 Causa Raiz nº 2: Alterações sem abertura de processo de Gestão de Mudança 22
4.3 Causa Raiz nº 3: Procedimento operacional incompleto 23
4.4 Causa Raiz nº 4: Falta de elaboração de Permissão de Trabalho para serviço nas caldeiras 27
4.5 Causa Raiz nº 5: Ausência de procedimento de inspeção de equipamentos 31
4.6 Causa Raiz nº 6: Falta de controle em serviços contratados 31
4.7 Causa Raiz nº 7: Falta de controle de registros de operação das caldeiras 33
4.8 Causa Raiz nº 8: Treinamento insuficiente para a realização da função 34
4.9 Causa Raiz nº 9: Baixa percepção do risco de explosão por sobrepressão de vapor na caldeira 35
4.10 Causa Raiz nº 10: Falta de investigação para funcionamento anormal das PSVs 36
4.11 Resumo das causas raiz 37
5. Recomendações 38
5.1 Recomendações para o operador Ocyan 40
5.2 Recomendação para a ANP 38
6. Conclusões 41

Introdução

No dia 09/06/2017, a ANP recebeu a Comunicação Inicial de Incidente que relatava a ocorrência de explosão mecânica na sonda Norbe VIII, ocorrida na caldeira auxiliar de popa, causando ferimentos graves em quatro funcionários. Posteriormente foram realizadas retificações na comunicação inicial, tendo sido informado que três dos quatro funcionários acidentados tinham vindo a óbito em decorrência dos ferimentos.

O navio sonda Norbe VIII, de propriedade da empresa Odebrecht Óleo e Gás - OOG (atual Ocyan) estava operando no campo de Marlim para a Petrobras. Na terminologia da Petrobras, esta sonda é chamada de NS-32.

Técnicos de empresa contratada (IMI) acompanhavam a partida da caldeira auxiliar nº 1 realizada por funcionário da OOG, durante a rampa de aquecimento, para observação da pressão de atuação das válvulas de segurança (PSVs), de forma a determinar o nível da pressão de abertura das PSVs. Em testes realizados na véspera do acidente havia sido observado que as válvulas estavam atuando abaixo da pressão de abertura especificada. Portanto, a equipe da IMI estava a bordo para realizar a calibração das PSVs das caldeiras, as quais deveriam ser retiradas para posterior realização de teste em bancada.

A explosão ocorreu no dia 09/06/2017 na partida desta caldeira, mais especificamente durante o processo de aquecimento da mesma.

Ocorreram três fatalidades em decorrência do acidente, sendo um funcionário da OOG e dois funcionários da empresa IMI. Outro funcionário da OOG, que durante a explosão realizava um serviço de soldagem do lado de fora da casa de caldeiras, foi ferido em decorrência da explosão, tendo recebido atendimento hospitalar sendo, posteriormente, liberado.

A explosão causou danos à caldeira auxiliar nº 1, painel de controle e bombas de água. Após o acidente, as duas caldeiras auxiliares da sonda Norbe VIII foram interditadas pela ANP.

Foi aberto processo administrativo de investigação independente pela ANP. Foi realizada uma ação de fiscalização na sonda em 12/06/2017, por equipe de três servidores da Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente (SSM), com o objetivo de coletar informações para a investigação do incidente. Esta ação de fiscalização motivou a elaboração de uma Nota Técnica na qual foram registrados diversos fatos relacionados à explosão, assim como hipóteses e situações a serem confirmadas posteriormente durante o processo de investigação.

Portanto, o presente relatório apresenta as conclusões e causas do acidente determinadas pela equipe de investigação da ANP.

1. Descrição do incidente

A explosão ocorreu às 07h38 do dia 09/06/2017 na partida da caldeira auxiliar nº 1, mais especificamente durante o processo de aquecimento da mesma.

Ocorreram três fatalidades em decorrência do acidente, sendo um funcionário da OOG (Segundo oficial de Máquinas) e dois funcionários da empresa IMI (técnicos de inspeção). Outro funcionário da OOG (soldador) que durante a explosão realizava um serviço de soldagem do lado de fora da casa de caldeiras foi ferido em decorrência da explosão, tendo recebido atendimento hospitalar sendo, posteriormente, liberado.

Os dois técnicos da IMI acompanhavam a partida da caldeira auxiliar realizada pelo Segundo Oficial de Máquinas da OOG, para observação da pressão de atuação das válvulas de segurança (PSVs), durante a rampa de aquecimento das caldeiras. Em testes realizados nos dois dias anteriores ao acidente havia sido observado que as válvulas PSV estavam atuando abaixo da pressão de abertura especificada. A equipe da IMI estava a bordo para realizar a calibração das PSVs das caldeiras, as quais deveriam ser retiradas para posterior realização de teste em bancada.

A explosão causou danos à caldeira auxiliar, painel de controle e bombas de água. Após o acidente, as duas caldeiras auxiliares da sonda Norbe VIII sofreram interdição pela ANP.

A Figura 1 mostra parte da área atingida durante a explosão:

Figura 1 – Área atingida pela explosão da caldeira auxiliar nº 1

1.1. Configuração dos sistemas e equipamentos envolvidos no acidente

As caldeiras ficavam localizadas no *boiler room*, na popa da embarcação do *main deck* e tinham por finalidade gerar vapor para utilização em teste de poço, sob demanda da Petrobras. Durante tal atividade, normalmente só uma caldeira é utilizada, mas, por segurança, para manter o fornecimento de vapor constante, as duas caldeiras eram acionadas, operando em circuito fechado.

O *boiler room* (sala de caldeiras) possui duas caldeiras auxiliares iguais, de capacidade de geração de 2 toneladas de vapor por hora a 7 bar de pressão. A caldeira auxiliar na qual ocorreu a explosão possuía a identificação de número 1.

No segundo piso da sala de caldeiras localizava-se o *cascade tank* (tanque de água de alimentação das caldeiras) e o resfriador de condensado, que reduzia a temperatura do fluido antes de retorná-lo para o *cascade tank*.

Na Figura 2 pode ser visualizado desenho esquemático da caldeira:

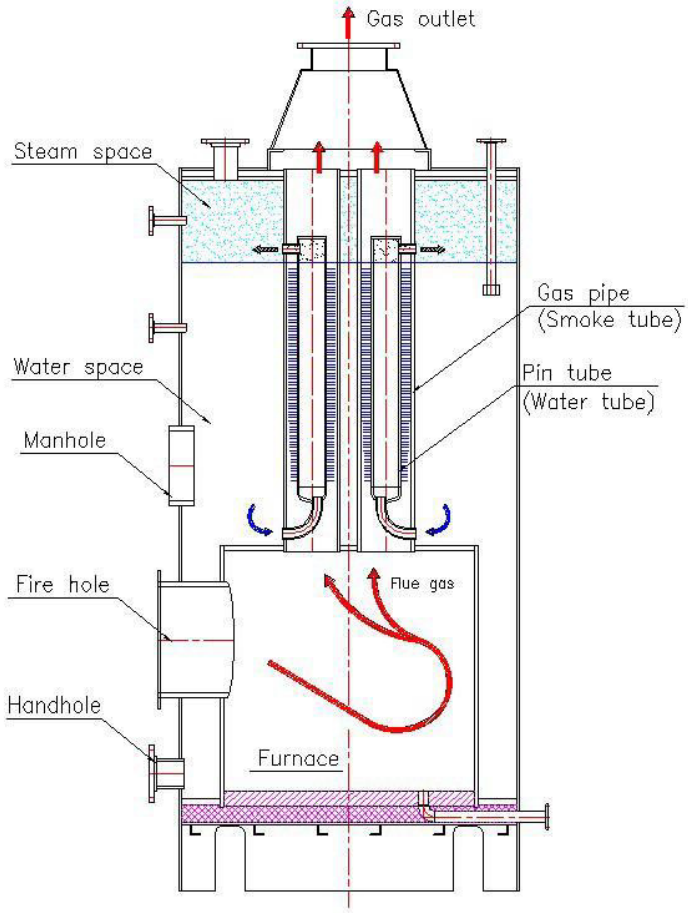


Figura 2 – Configuração do equipamento envolvido no acidente

Este modelo de caldeira, de construção aquatubular, é formado por duas câmaras, uma de combustão, também chamada de fornalha (*furnace*), na parte inferior, e a outra de água/vapor, na parte superior. Os queimadores (*fire hole*) à óleo diesel, localizados na fornalha, geram o gás exausto (*flue gas*), que passa por dentro dos tubos de gás (*gas pipes*), dentro dos quais estão localizados os tubos aletados (*pin tubes*), conectados com a câmara de água/vapor. A água entra pelos tubos aletados e se vaporiza, ao receber o calor do gás exausto. O vapor gerado sai pela parte superior do tubo aletado e retorna para a câmara de água/vapor. O gás exausto sobe por diferença de temperatura (efeito chaminé) pela saída de gás (*gas outlet*).

As caldeiras auxiliares 1 e 2 da sonda Norbe VIII foram fabricadas no ano de 2009, para uma pressão máxima de trabalho de 9 bar e temperatura máxima de operação de 250 °C. Ambas as caldeiras entraram em operação no ano de 2015.

1.2. Sistemas de controle e proteção das caldeiras

Os principais sistemas de controle e proteção das caldeiras tinham por finalidade monitorar e controlar pressão e nível, pois a operação das caldeiras fora dos limites de projeto destas variáveis representa risco operacional.

O controle de pressão do vapor gerado nas caldeiras possuía os seguintes *setpoints* (valores-alvo):

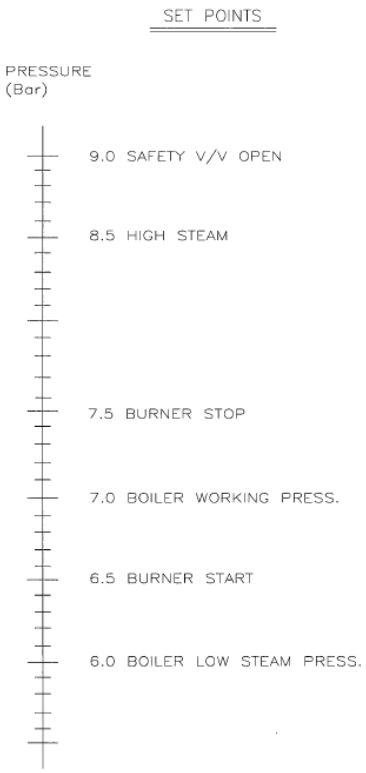


Figura 3 – *Setpoints* de controle de pressão

A pressão de operação era de 7 bar e a pressão máxima de trabalho admissível (PMTA) de projeto era de 9 bar. Os instrumentos de medição e controle de pressão de vapor localizavam-se em um painel (*gauge board*):

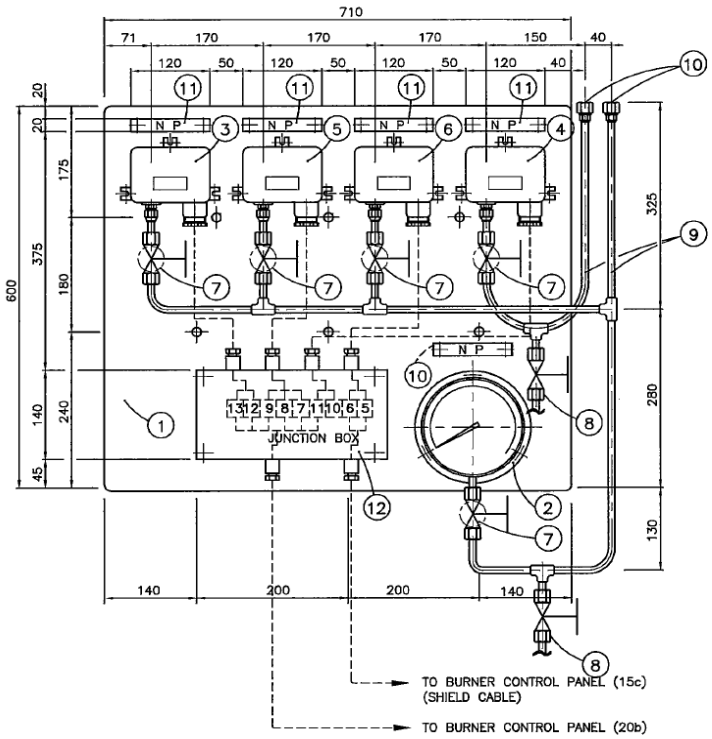


Figura 4 – Instrumentos de medição e controle de pressão

Os instrumentos de medição e controle estavam conectados à caldeira através de duas tomadas de pressão (sinalizadas como 10 na Figura 4). As tomadas para os instrumentos de pressão localizavam-se no topo da caldeira, podendo ser isoladas através do fechamento de válvulas:

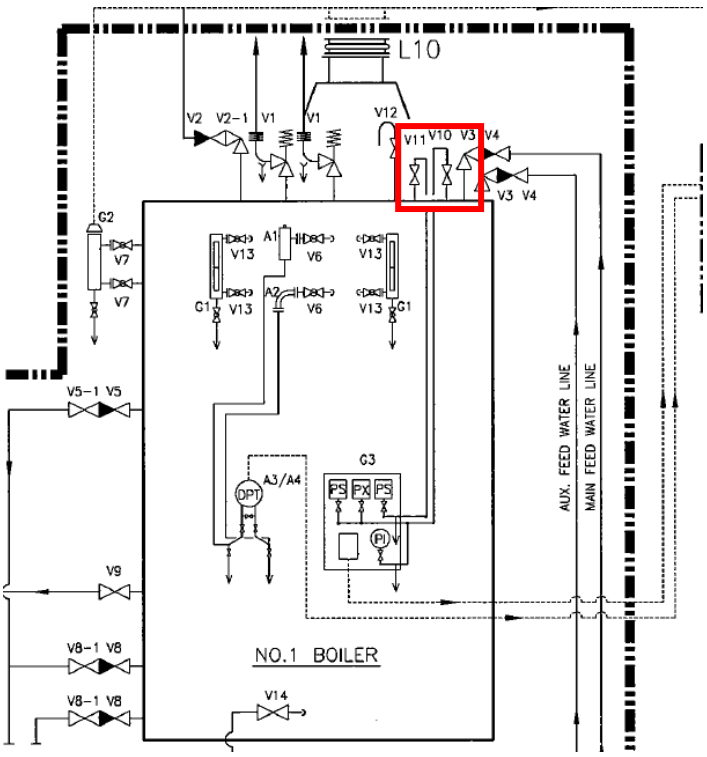


Figura 5 – Diagrama de tubulação indicando a posição das tomadas de vapor

Os instrumentos de medição e controle estavam conectados à caldeira através de duas tomadas de pressão (10) e consistiam em:

Tabela 1 – Instrumentos de medição e controle de pressão[1]

Item nº	**Função**	***Setpoint***
2	Indicador local de pressão (manômetro)	Marca vermelha em 9 bar
3	Pressão de vapor baixa	5,0 bar
4	Pressão de vapor alta	8,8 bar
5	Partida/parada do queimador	6,5 – 7,5 bar
6	Transmissão de pressão de vapor	N/A

O manômetro, mostrado na Figura 6 abaixo, indica localmente a pressão do vapor. Sua faixa operacional (range) varia de 0 a 20 bar e possui indicações da faixa operacional para a pressão do vapor (faixa verde entre os valores de 6,5 e 7,5 bar) e da PMTA (traço vermelho no valor de 9 bar):

Figura 6 – Manômetro

[1] Fonte: 3603DV644M001 VD OF WELL TEST BOILER – GAUGE BOARD - MB-GB-02, pag. 35 (fl. 549 do processo)

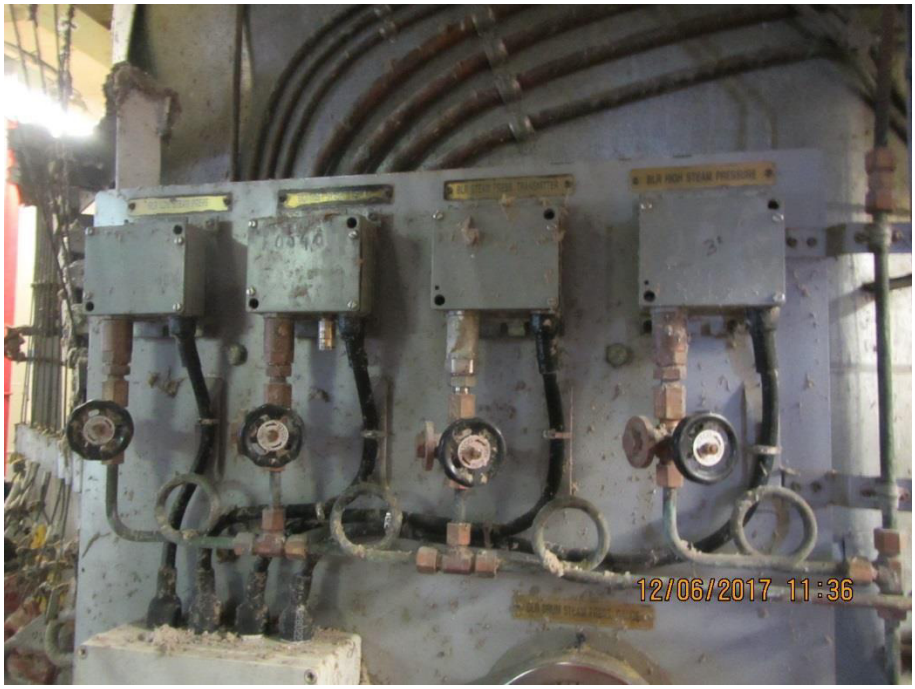


Figura 7 – Instrumentos de controle de pressão de vapor

Os instrumentos de monitoramento e controle de pressão estavam ligados à uma caixa de junção, que transmitia seus sinais para o controlador lógico programável (CLP) da caldeira. A lógica de controle de processo da caldeira acendia ou apagava os queimadores respectivamente a 6,5 e 7,5 bar, de forma a manter a pressão de operação em torno de 7 bar.

Ainda, caso a pressão atingisse um valor muito alto, essa lógica de controle de segurança efetuava o intertravamento (*trip*) da caldeira.

Contudo, havia uma discrepância na documentação da caldeira quanto ao valor desta pressão. Enquanto a lista de ajustes de segurança, incluindo a tabela com os *setpoints* de controle de pressão (mostrado na Figura 3) indicava 8,5 bar, a lista de ajustes dos instrumentos de pressão contida no desenho do *gauge board* (reproduzida na Tabela 1) indicava 8,8 bar.

Cada caldeira é dotada de duas válvulas de alívio e segurança (PSVs), localizadas no topo da caldeira, conforme Figura 8 a seguir.

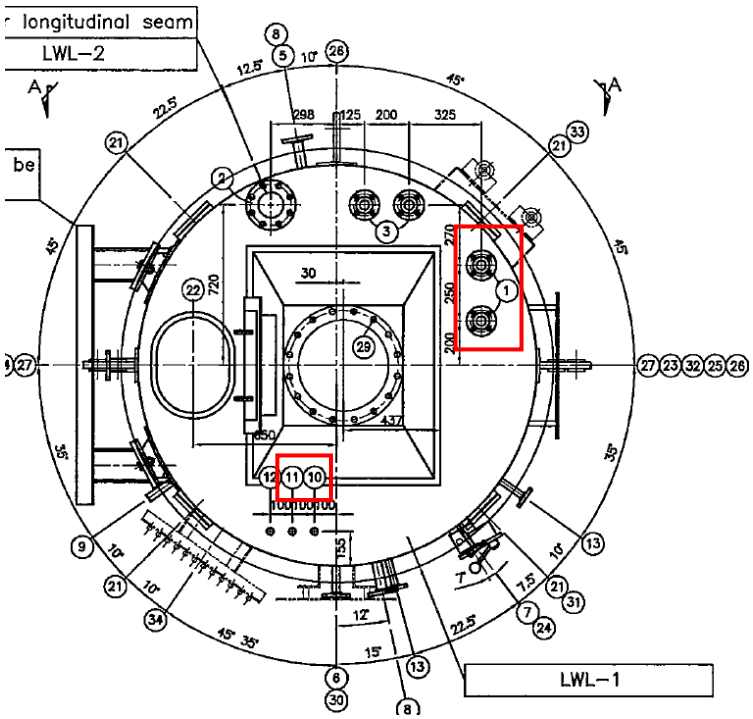


Figura 8 – Posição das tomadas de pressão de vapor (10 e 11) e das PSVs (1)

As PSVs atuam como uma camada de proteção adicional ao sistema de controle de pressão, impedindo que esta atinja um valor que ultrapasse os limites de projeto da caldeira, danificando seus componentes. O *setpoint* de projeto destas válvulas era de 9 bar.

As PSVs são do tipo castelo aberto e são dotadas de um parafuso de ajuste que permite calibrar a pressão de abertura. Girando-se este parafuso, a mola é comprimida ou relaxada, o que altera a pressão necessária para a abertura da válvula:

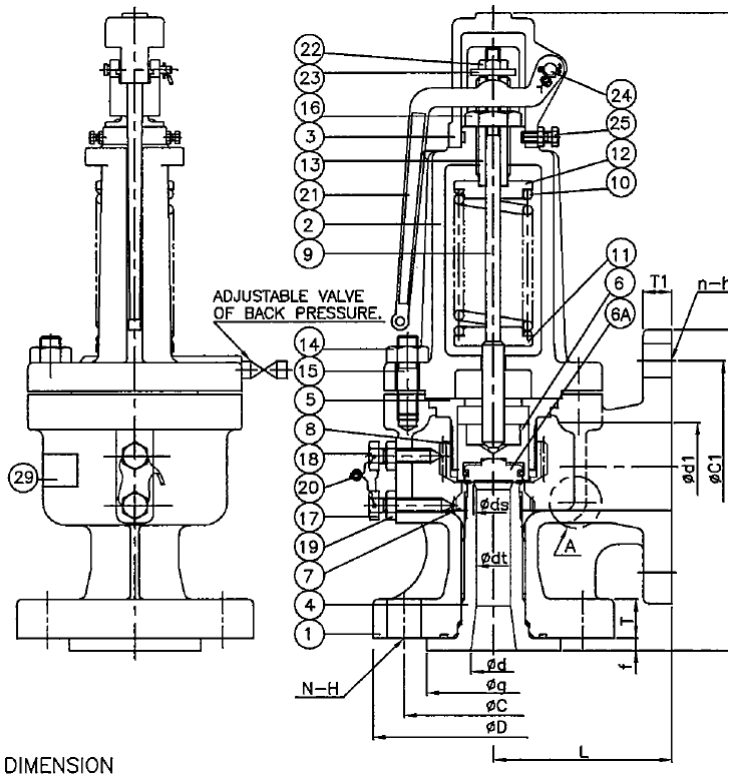


Figura 9 – Configuração geométrica das PSVs das caldeiras

1.3. Aspectos operacionais

Foram identificados três documentos que continham instruções para operação da caldeira: (i) a Instrução da Tarefa (IT) de Acendimento da Caldeira, emitida pela OOG em português e inglês, (ii) o manual de operação e manutenção, emitido pelo fabricante das caldeiras (em inglês) e (iii) um documento não controlado encontrado na sala das caldeiras.

A Instrução de Tarefa da OOG se tratava de um documento que continha instruções detalhadas apenas para a realização do acendimento (partida) e parada da caldeira. Neste documento, não havia qualquer referência aos controles de pressão ou das PSVs. O item que identificava os riscos associados à tarefa menciona os riscos de alta pressão e explosão, e como controles de segurança para os riscos identificados são mencionados, entre outros: (i) "*Certifique-se que todo pessoal está familiarizado com o manual do fabricante*", (ii) "*inspecionar os dispositivos de segurança*" (sem mencionar quais) e (iii) PJP (*pre job planning*).

O manual de operação emitido pelo fabricante continha instruções mais detalhadas de operação da caldeira, principalmente no que tange à segurança, e que não foram reproduzidas na Instrução de Tarefa da OOG, dentre as quais se destacam: verificações que deveriam ser realizadas antes da partida da caldeira, condições que devem ser observadas durante seu funcionamento e indicações de condição perigosa, que demandavam a parada imediata da caldeira e reporte ao supervisor.

O manual de operação do fabricante não continha orientações quanto aos modos de operação da caldeira (automática e emergência) e dos queimadores (manual e automático). Dessa maneira, a Instrução de Tarefa da OOG parece ter sido elaborada de forma complementar ao manual do fabricante, orientando sobre os modos de funcionamento e contendo o passo a passo para acendimento e parada.

1.4. Integridade das caldeiras e sistemas de proteção

O prontuário da caldeira indicava que o equipamento era inspecionado anualmente. As inspeções iniciais da caldeira foram realizadas em 2010, ainda no estaleiro.

O prontuário da caldeira nº 1 indica que o equipamento era inspecionado anualmente. As datas e escopo das inspeções registradas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Registros de inspeção da caldeira nº 1

Ano	Data de realização da inspeção	Escopo	Data indicada para a próxima inspeção
2010 *(Ainda no estaleiro)*	24/05/2010	Inspeção interna inicial	24/05/2011
	20/05/2010	Teste de pressão inicial	20/05/2011
	07/12/2010	Inspeção externa inicial	07/12/2011
2011	07/11/2011	Inspeção periódica de segurança	07/11/2012
2012	26/11/2012	Inspeção periódica de segurança	25/11/2013
2013	15/11/2013	Inspeção periódica de segurança	15/11/2014
2014	03/08/2014	Inspeção periódica de segurança	04/08/2015
2015	25/06/2015	Inspeção periódica de segurança	25/06/2016
2016	06/06/2016	Inspeção periódica de segurança	06/06/2017

Na última inspeção de segurança realizada na caldeira nº 1, em 2016, foi indicado que a inspeção seguinte fosse realizada até 06/06/2017. Esta inspeção estava prevista no mapa de controle de inspeções da empresa IMI, que realizava serviços de inspeção de NR-13[2] e calibração de instrumentos e válvulas para a OOG desde 2014.

2. Cronologia de eventos

Nesta seção são apresentados os principais fatos relacionados ao acidente em questão, com base nas entrevistas realizadas durante a investigação e na documentação anexada ao processo.

[2] **NR-13** - Norma Regulamentadora nº13 - Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulação (ver. 02/05/2014)

A cronologia resumida de eventos relativos à explosão da caldeira auxiliar nº 1 é mostrada na Tabela 3.

Tabela 3 – Cronologia resumida dos eventos relacionados ao acidente na Sonda Norbe VIII

Data	Hora	Evento
06/06/2016	-	Realizada a última inspeção periódica de segurança da caldeira nº 1
16/04/2017	-	Realizado o último registro de operação das caldeiras auxiliares no *logbook*
06/06/2017	-	Vencimento do certificado de calibração dos manômetros e PSVs e da inspeção de segurança das caldeiras auxiliares.
07/06/2017	Tarde	Embarque dos funcionários (técnicos de inspeção) da empresa contratada IMI na sonda Norbe VIII. A equipe da IMI informa ao Chefe de Máquinas que realizaria a recertificação NR-13 das caldeiras auxiliares e que haveria a necessidade de colocar as caldeiras auxiliares em condições normais de operação para a certificação. A equipe da IMI é orientada a se reunir para o trabalho na caldeira às 7hs do dia seguinte, que as caldeiras estariam prontas nesse horário.
07/06/2017	Tarde	Chefe de Máquinas solicita que a equipe de máquinas do turno da noite dê partida e aqueça as caldeiras para realização de serviço de certificação no dia 08/06.
07/06/2017	20hs	Aquecimento das caldeiras auxiliares, conforme solicitado pelo Chefe de Máquinas: Na primeira partida das caldeiras, é constatado pelo Primeiro Oficial de Máquinas do turno da noite que a válvula de dreno do visor de nível da caldeira n° 1 estava vazando. O Primeiro Oficial de Máquinas do turno da noite voltou à Sala de Controle de Máquinas (ECR) e informou o Sub-chefe de Máquinas do turno da noite sobre o problema. A gaxeta que apresentava vazamento é trocada e as caldeiras são novamente partidas.
08/06/2017	Entre 2h e 3h	Caldeiras auxiliares são partidas pelo Primeiro Oficial de Máquinas do turno da noite, que identifica que as PSVs de ambas as caldeiras estavam abrindo com pressões inferiores à pressão de ajuste.
08/06/2017	Madrugada	Sub-chefe de Máquinas do turno da noite parte as caldeiras e confirma a abertura das PSVs abaixo do set de pressão. Desliga ambas as caldeiras e retorna à ECR
08/06/2017	Antes da passagem de serviço	Sub-chefe de Máquinas do turno da noite informa ao Chefe de Máquinas do turno da manhã que na noite anterior não havia sido possível preparar as caldeiras. Ambos então se dirigem para a sala de caldeiras e religam as caldeiras para confirmar o problema. As PSVs das caldeiras 1 e 2 abriram em pressões mais altas que no teste anterior, mas ainda abaixo da pressão de ajuste.
08/06/2017	05h30	Na reunião de troca de turno, equipe da noite informa que não foi possível deixar as caldeiras operacionais em razão da abertura prematura das válvulas. O Sub-chefe de Máquinas do turno da noite informa ao Chefe de Máquinas turno da manhã que as PSVs teriam que ser removidas e testadas manualmente. A Equipe da IMI foi informada de que as caldeiras não estavam prontas para inspeção em razão do problema encontrado com as válvulas.
08/06/2017	Manhã	Segundo Oficial de Máquinas do turno da manhã e a equipe da IMI se dirigem até as caldeiras para ver o problema. As caldeiras foram partidas e foi observada mais uma vez a abertura prematura

		das PSVs da caldeira nº 1. Nesta ocasião as PSVs da caldeira nº 2 apresentaram operação normal. A equipe da IMI foi informada pelo Segundo Oficial de Máquinas do turno da manhã de que era preciso resfriar as caldeiras para a realização da recertificação.
08/06/2017	Tarde	Quando o Chefe de Máquinas retorna do almoço, o Segundo Oficial de Máquinas do turno da manhã explica que não poderiam fazer mais nada e que teriam que aguardar o resfriamento das caldeiras para remoção das válvulas. Os funcionários da IMI foram vistos trabalhando na praça de máquinas, provavelmente realizando calibração de manômetros.
08/06/2017	17h30	Na reunião de troca de turno, a equipe do turno da noite é orientada a não realizar serviço na caldeira durante o turno, pois a IMI realizaria serviço nas caldeiras pela manhã do dia seguinte. O Sub-chefe de Máquinas do turno da noite informa que as PSVs teriam que ser removidas e testadas manualmente. Perguntou se a equipe da IMI tinha a bomba disponível para realização do teste de pressão das válvulas e foi informado que a IMI tinha a bomba necessária. O Segundo Oficial de Máquinas do turno da manhã informa ao Chefe de Máquinas que no dia seguinte as caldeiras estariam prontas para a retirada das válvulas.
09/06/2017	05h30	Na reunião de troca de turno, o Chefe de Máquinas informa ao Segundo Oficial de Máquinas do turno da manhã que este iria trabalhar com a equipe da IMI, a qual não comparece à reunião.
09/06/2017	07h00	É iniciado o processo de aquecimento da caldeira auxiliar. Encontram-se na sala de caldeiras o Segundo oficial de Máquinas e a equipe da IMI.
09/06/2017	**07h38**	**Ocorrência de explosão da caldeira auxiliar nº 1 durante processo de aquecimento.**
09/06/2017	07h50	Comunicação via rádio para a ponte solicitando resgate aeromédico
09/06/2017	09h50	Chegada do primeiro resgate aeromédico (Medevac 1) na unidade, que deixa uma médica e uma enfermeira e se dirige para outra sonda da OOG próxima (Norbe IX), liberando o heliponto para chegada a segunda aeronave.
09/06/2017	10h25	Chegada do segundo resgate aeromédico (Medevac 2) à unidade levando mais dois médicos.
09/06/2017	12h05 – 12h43	Medevac 2 se dirige a Macaé, levando um técnico da IMI e o Segundo oficial de Máquinas do turno da manhã.
09/06/2017	12h22	Medevac 1 decola de Norbe IX e retorna para a unidade (Norbe VIII).
09/06/2017	12h46 – 13h31	Medevac 1 se dirige a Macaé, levando outro técnico da IMI e o Soldador da OOG.
09/06/2017	13h31	Falecimento de um dos técnicos da IMI ao chegar a Macaé
10/06/2017	09h50	Falecimento do outro técnico da IMI no Hospital Público de Macaé
11/06/2017	0h20	Falecimento do Segundo oficial de Máquinas do turno da manhã (OOG) no Hospital Público de Macaé

3. Árvore de falhas do evento

Na Figura 10 é apresentada a árvore de causas do evento.

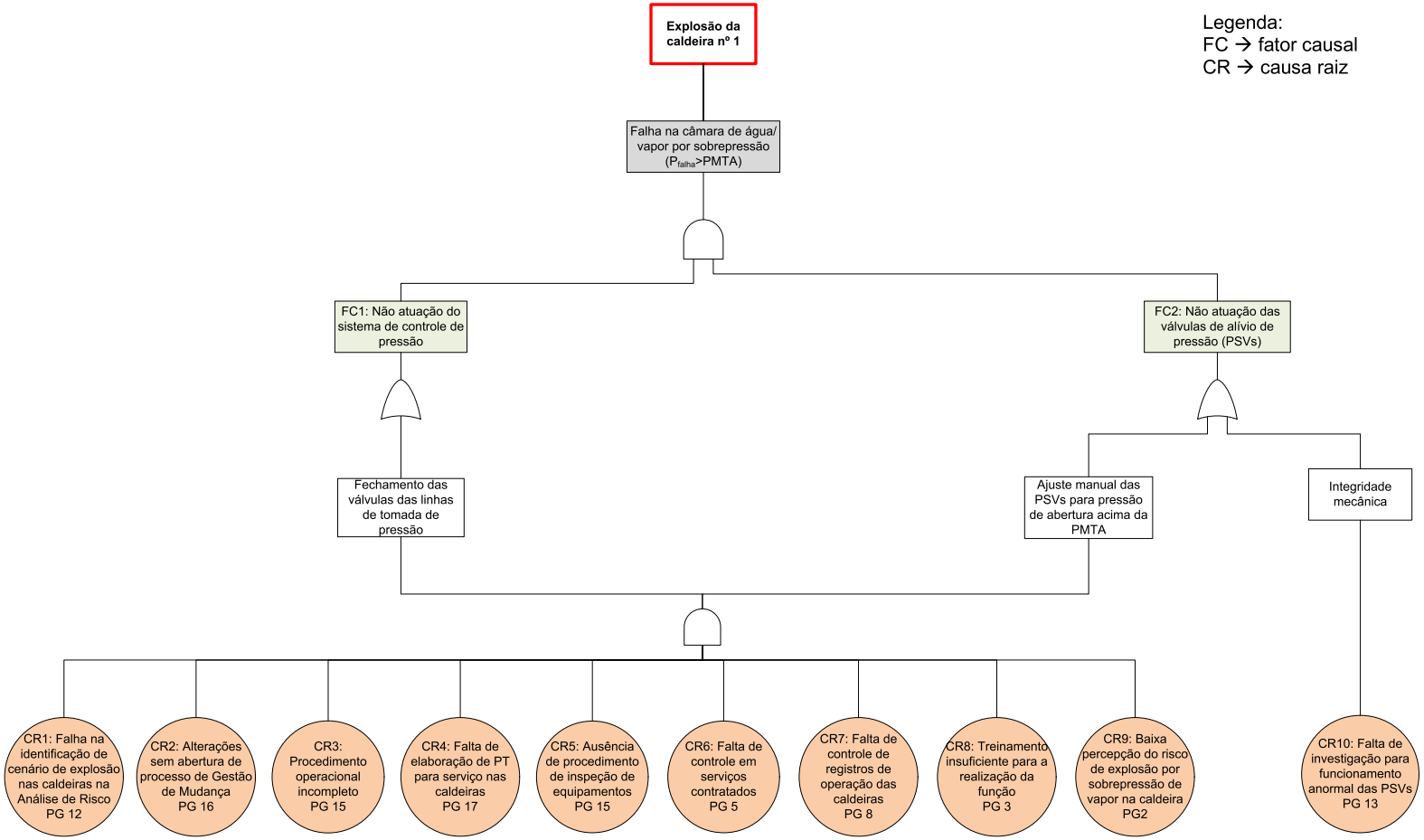


Figura 10 – Árvore de causas do evento

A partir das informações coletadas durante a investigação realizada pela ANP foram determinados os fatores causais e as causas raiz do acidente. O método de investigação utilizado foi o da árvore de falhas. Foram levantadas hipóteses para o acidente, que foram descartadas ou confirmadas pelas informações coletadas. As causas raiz apontadas são correlacionadas às falhas ou desvios do sistema de gestão do Operador da Instalação em relação ao preconizado pelo Regulamento Técnico do Sistema de Gestão de Segurança Operacional (RTSGSO), instituído pela Resolução ANP nº 43 de 2007.

Analisando-se as informações coletadas, conclui-se que este acidente ocorreu devido a dois fatores causais, a saber: (i) falha do sistema de controle de pressão; e (ii) falha das PSVs, que serão detalhados a seguir.

3.1. Fator Causal nº 1: Não atuação do sistema de controle de pressão

Os dados indicados no sistema de monitoramento de pressão da caldeira auxiliar são mostrados na Figura 11:

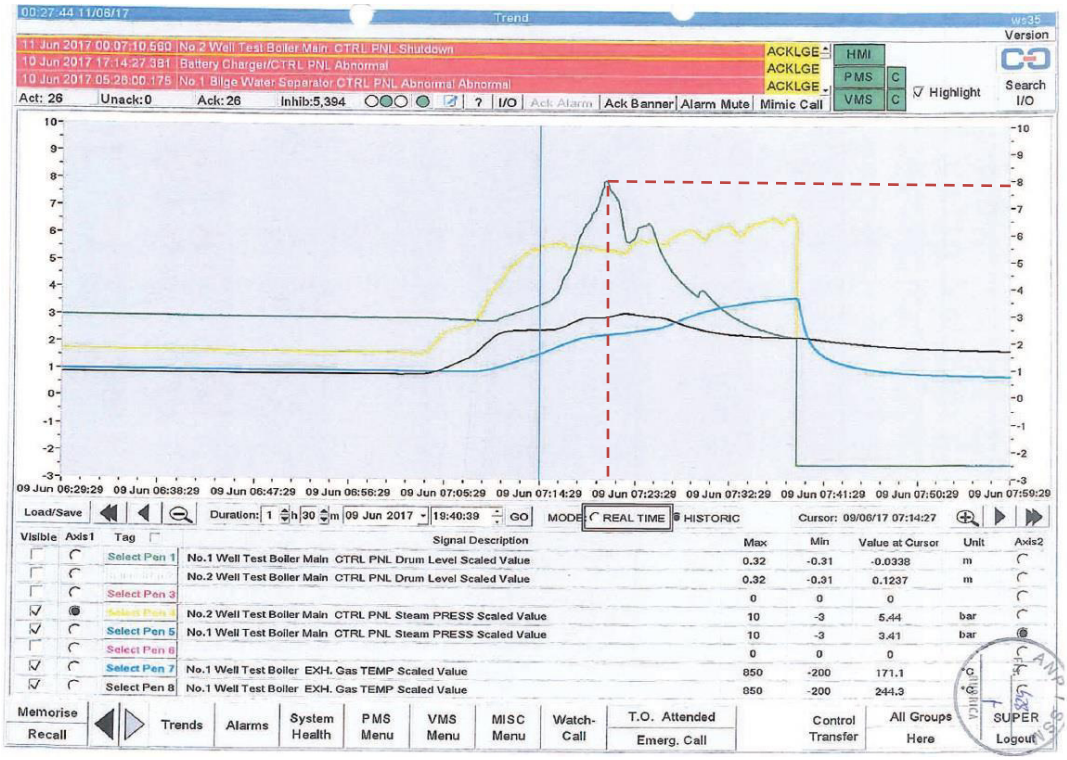


Figura 11 – Gráfico de monitoramento da pressão na caldeira auxiliar nº 1

O gráfico em verde mostra a pressão de vapor na caldeira nº 1 no dia 09/06/2017, cujos valores são exibidos no eixo da direita. Conforme é possível observar, o maior valor registrado foi de cerca de 8 bar, por volta de 7h20, o que não condiz com os danos produzidos na caldeira. Avaliações realizadas na caldeira posteriormente ao acidente apontaram que os danos são condizentes com uma pressão superior a 30 bar. Cabe destacar que a pressão registrada na caldeira auxiliar nº 1 não

ultrapassou em nenhum momento o valor da pressão máxima de trabalho admissível (PMTA) de 9 bar. Por volta de 7h40 foi registrada uma queda brusca em todos os valores medidos, o que é condizente com o horário da explosão e seus efeitos.

Esta informação leva a duas hipóteses: (i) os instrumentos de pressão falharam ou (ii) havia obstrução na linha de tomada de pressão, o que levou a uma medição incorreta.

Os instrumentos foram analisados posteriormente ao incidente. Apesar de apresentarem erro acima do admissível, os instrumentos do sistema de controle de pressão não apresentaram indícios de falha que justificasse a não atuação do controle de pressão, mesmo com a elevada pressão à qual a caldeira foi submetida. O gráfico de pressão também indica que é provável que o controle de pressão tenha atuado, uma vez que, após o pico de pressão observado que ultrapassou os 7,5 bar, a pressão cai até cerca de 6 bar, voltando a subir.

Dessa maneira, restou a hipótese de que havia obstrução na linha de tomada de pressão, que foi confirmada. Relatos obtidos pela ANP em oitivas dão conta de que, em inspeção realizada na caldeira por profissional de bordo que acompanhava a equipe de investigação da Petrobras após o acidente, na noite do dia 09/06/2017, foi constatado que as válvulas agulha das tomadas de pressão estavam fechadas.

Esta informação é coerente com os demais dados obtidos. O fato de ter sido registrada uma pressão de operação inferior à pressão real no interior da caldeira indica que as válvulas das tomadas de pressão deviam estar parcialmente fechadas ou apresentando passagem, causando perda de carga na linha. A hipótese de que as válvulas apresentavam passagem foi confirmada. Em teste de estanqueidade realizado posteriormente ao acidente foi constatado que as válvulas identificadas como V10 e V11 apresentaram vazamento.

Devido ao fato de a pressão medida não ter atingido a PMTA, mesmo que o operador estivesse monitorando a pressão do vapor através do manômetro, não teria sido possível detectar a condição anormal de funcionamento.

Não foi possível determinar quando as válvulas foram fechadas e por quem, nem por qual motivo ou com qual objetivo.

A operação da caldeira com as válvulas, que isolam a tomada de pressão, fechadas representa uma falha operacional, a qual ocorreu devido à conjunção de diversas causas raiz, que serão detalhadas adiante.

3.2. Fator Causal nº 2: Não atuação das válvulas de alívio de pressão (PSVs)

O segundo fator causal foi a não atuação das PSVs, que não cumpriram com sua finalidade de exercer o alívio de pressão requerido para evitar a explosão. As PSVs estão instaladas diretamente na

câmara de combustão, não podendo ser isoladas pelo fechamento das válvulas agulha, portanto este fator causal é independente do primeiro apontado.

Após o acidente foi realizada avaliação metalúrgica nas PSVs com o intuito de obter informações que pudessem determinar as causas da explosão. Os resultados da análise nas válvulas da caldeira nº 1 não mostraram danos ou restrições que pudessem causar uma falha de operação nestas válvulas.

O relatório da inspeção nas PSVs efetuada após o acidente constatou que ambas as válvulas da caldeira nº 1 se encontravam com as molas de ajuste da pressão de abertura totalmente comprimidas:

Figura 12 – Mola da PSV da caldeira nº 1 totalmente comprimida, conforme inspeção realizada após o acidente

Nesta análise, além de inspeção visual, foram realizados testes de pressão, que apontaram que ambas as válvulas não abriram na pressão de *setpoint* (8,9 bar) sem nenhuma alteração no ajuste, ou seja, conforme recebidas. Enquanto uma das PSVs não atingiu abertura plena mesmo a pressão tendo sido elevada a 39 kgf/cm^2, a outra foi submetida a uma pressão de 41 kgf/cm^2, também sem atingir a abertura plena.

Os relatórios concluem que as válvulas não atuaram nas condições previstas devido à compressão total de suas molas. As molas estavam totalmente comprimidas e travadas pela porca de travamento. Devido a este fato, as PSVs só abririam à máxima pressão de ajuste dentro de sua faixa de operação, que não é conhecida. Não foi possível determinar quando as porcas de ajuste foram apertadas e por quem, nem por qual motivo ou com qual objetivo.

A operação da caldeira com as PSVs travadas comprimidas, impossibilitadas de realizar sua função de alívio de pressão também representa, por sua vez, uma falha operacional, a qual ocorreu devido à conjunção de diversas causas raiz.

4. Causas Raiz

A investigação realizada pela ANP não visou determinar quem, quando ou com qual finalidade as válvulas de isolamento das tomadas de pressão foram fechadas e as molas das PSVs foram apertadas. Os dados e relatos obtidos não permitiram confirmar qualquer hipótese quanto a estes fatos.

Tendo em vista que o acidente ocorreu devido ao fato de caldeira ter sido operada com estas salvaguardas impossibilitadas de atuar, foram apontados como causas raiz deste acidente os desvios que levaram à operação da caldeira nestas circunstâncias, e não o que motivou a indisponibilidade das salvaguardas, pois caso a caldeira não tivesse sido operada nestas condições, a explosão não teria ocorrido.

Após análise de todas as circunstâncias envolvidas no acidente e dos documentos solicitados e entrevistas realizadas, a equipe de investigação concluiu que ocorreram causas raiz que são comuns aos dois fatores causais (ou seja, há falhas no sistema de gestão que propiciaram a existência ou ocorrência de ambos os fatores causais) e uma causa raiz específica a apenas um dos fatores.

As causas raiz serão apresentadas a seguir.

4.1 Causa Raiz nº 1: Falha na identificação de cenário de explosão nas caldeiras na Análise de Risco

A OOG utiliza *Safety Case*, realizando a identificação dos perigos através de um estudo de HAZID como primeira etapa do processo de gerenciamento de riscos. No *Safety Case* da unidade o processo de gerenciamento de riscos da OOG é representado da seguinte forma:

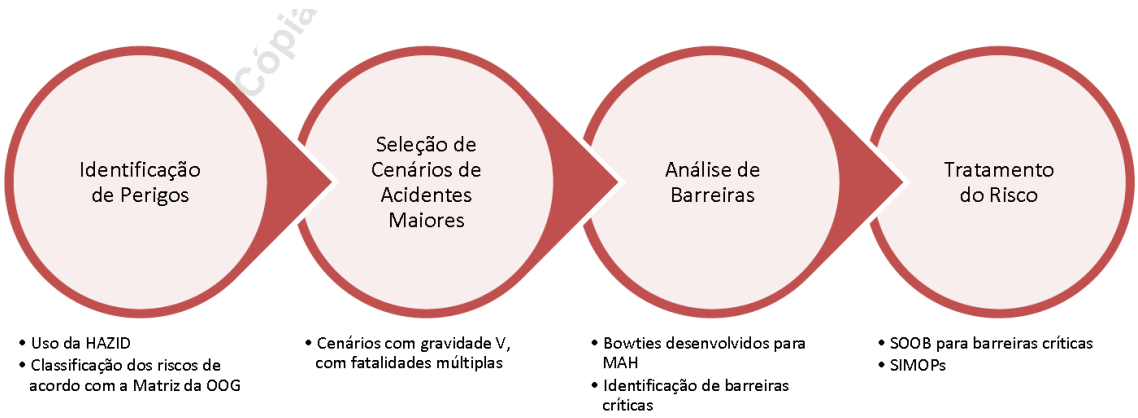


Figura 13 – Representação do processo de gerenciamento de riscos da OOG

O processo é descrito da seguinte maneira no *Safety Case*:

"*Os perigos analisados no HAZID classificados como Cenários de Acidentes Maiores (MAH) são analisados detalhadamente sob a forma de diagramas de BowTie. Estes perigos são considerados para o dimensionamento da integridade técnica da unidade e do sistema de gestão. Os perigos e seus correspondentes eventos topo foram selecionados com base nas suas respectivas potenciais consequências. De acordo com a metodologia adotada, foram considerados como Cenários de Acidentes Maiores (MAH) os cenários do HAZID classificados com Categoria de Gravidade V (Intolerável) e que podem resultar em múltiplas fatalidades.*"

A classificação dos riscos é feita de acordo com a seguinte matriz:

		Classificação de Probabilidade				
		A	B	C	D	E
Classificação de Gravidade do Risco		Iminente	Provável	Possível	Improvável	Muito Improvável
V	Intolerável	3	3	3	2	2
IV	Alta	3	3	2	2	1
III	Moderada	3	2	2	1	1
II	Leve	2	2	1	1	1
I	Desprezível	2	1	1	1	1
		Taxa de Risco				

Figura 14 – Matriz de classificação de risco da UNP (Unidade de Negócios de Perfuração) da OOG

O estudo de HAZID relativo à sonda Norbe VIII, que se constituía em um anexo do *Safety Case*, apresentava os perigos identificados em 9 (nove) grupos, sendo o primeiro a ser apresentado o de incêndio ou explosão. Neste, foram identificados 6 (seis) cenários, dos quais 4 (quatro) foram identificados como Cenários de Acidentes Maiores (MAH – *Major Accidental Hazards*):

MAH ID	Descrição do Perigo	Grupo de Perigos	HAZID ID
MAH-01	Gases tóxicos e/ou inflamáveis CH4, H2S, CO2, CO, H2 e gases associados a HC na unidade marítima (Atingindo Nível Alto-Alto)	Incêndio / Explosão	1.1
MAH-02	Vazamento de Gases tóxicos e/ou inflamáveis CH4, H2S, CO2, CO, e gases associados a HC na unidade marítima (Atingindo Nível Alto-Alto) durante teste de poço incluindo operações de wire-lining	Incêndio / Explosão	1.2
MAH-03	Fogo na sala de máquinas, no Compartimento de máquinas e salas de controle	Incêndio / Explosão	1.3
MAH-04	Fogo nos camarotes, lavanderia, almoxarifado, cozinha, ponte e sala de rádio	Incêndio / Explosão	1.4

Figura 15 – Cenários de MAH relativos a perigos de incêndio ou explosão identificados no HAZID da sonda

No HAZID, não foram identificados cenários de perigo relacionados à operação das caldeiras, evidenciando que houve falha na identificação de perigos. Como consequências desta falha:

- O cenário não foi classificado e analisado no HAZID, as salvaguardas e barreiras não foram identificadas e recomendações não foram elaboradas;
- O cenário de explosão da caldeira não foi identificado como um MAH;
- As barreiras para o cenário não foram analisadas através de diagrama de BowTie;
- Não foram identificados elementos críticos relacionados à operação das caldeiras (as salvaguardas não foram identificadas como equipamentos ou sistemas críticos, o procedimento de operação não foi identificado como procedimento críticos e a operação das caldeiras não foi identificada como atividade/tarefa crítica).

Dessa forma, caso o cenário de explosão da caldeira tivesse sido corretamente identificado no HAZID como um potencial cenário de acidente maior, provavelmente teria recebido maior atenção por parte do Operador da Instalação, conforme seus procedimentos de gestão de risco preconizam.

Essa falha se constituiu um **não atendimento ao requisito 12.5.2 do SGSO**:

"12.5.2 Será elaborado um Relatório de Identificação e Análise de Riscos pela equipe de identificação e análise de riscos abordando, no mínimo, os seguintes pontos:

(...)

f) identificação e análise dos riscos;

(...)"

4.2 Causa Raiz nº 2: Alterações sem abertura de processo de Gestão de Mudança

O procedimento de gestão de mudanças do Operador possui um anexo um formulário de identificação e gestão de mudança. Neste, qualquer resposta assinalada "Sim" caracteriza uma mudança. Este formulário identifica qualquer alteração com impacto em dispositivos de segurança, citando válvulas de segurança como exemplo, como uma das situações que devem ser gerenciadas através de processo de gestão de mudança.

O procedimento aponta que, após a identificação de que a solicitação proposta deva ser tratada como gestão de mudança, uma análise de risco deve ser realizada. Esta análise de risco deve ser registrada em um formulário, com assinaturas dos elaboradores (solicitante da mudança, líder da área e técnico de segurança) e dos aprovadores (capitão e OIM caso a mudança seja definitiva).

Segundo o anexo do procedimento que contém o formulário de análise de riscos, para cada impacto identificado são analisados os controles existentes e estabelecidas medidas de controle adicionais.

Apesar de requerido pelo sistema de gestão da OOG, por se tratarem respectivamente de alterações em válvulas de segurança e intertravamentos de segurança, o aperto nas molas das PSVs e o fechamento das válvulas de isolamento das tomadas de pressão não motivaram a abertura de uma gestão de mudanças. Assim, não foi realizada a análise de risco requerida e, por consequência, as medidas de controle necessárias (tais como bloqueio para evitar a partida da caldeira enquanto estas condições perdurassem e sinalização desta condição) não foram tomadas.

Portanto, esta falha se caracterizou uma causa raiz do acidente e está em **desacordo com o item 16.2 do SGSO**:

> *"Mudanças nas operações, procedimentos, padrões, instalações ou pessoal devem ser avaliadas e gerenciadas de forma que os riscos advindos destas alterações permaneçam em níveis aceitáveis."*

4.3 Causa Raiz nº 3: Procedimento operacional incompleto

Conforme apresentado no item 1.3, havia três documentos que continham instruções para a operação da caldeira: O manual de operação e manutenção, emitido pelo fabricante da caldeira, a Instrução da Tarefa (IT) de Acendimento da Caldeira, emitida pela OOG e um documento não controlado encontrado na sala de caldeiras, que consistia em quatro folhas de papel plastificadas, das quais duas puderam ser acessadas por ocasião da auditoria realizada no local pela equipe da ANP em 12/06/2017.

Este documento não controlado possuía, em português e inglês, um breve passo a passo para acionamento das caldeiras, o qual não mencionava orientações relativas a realizar verificações nas válvulas agulhas de tomada de pressão ou nas PSVs antes de partir a caldeira. As únicas orientações contidas neste documento são relativas à realização de purga, conforme pode ser visualizado na Figura 16 abaixo:

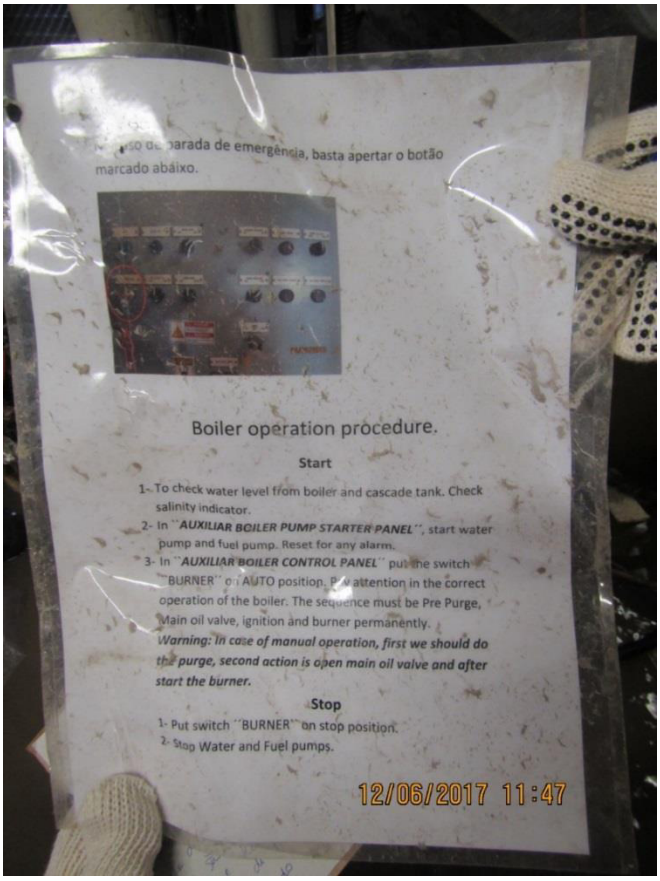
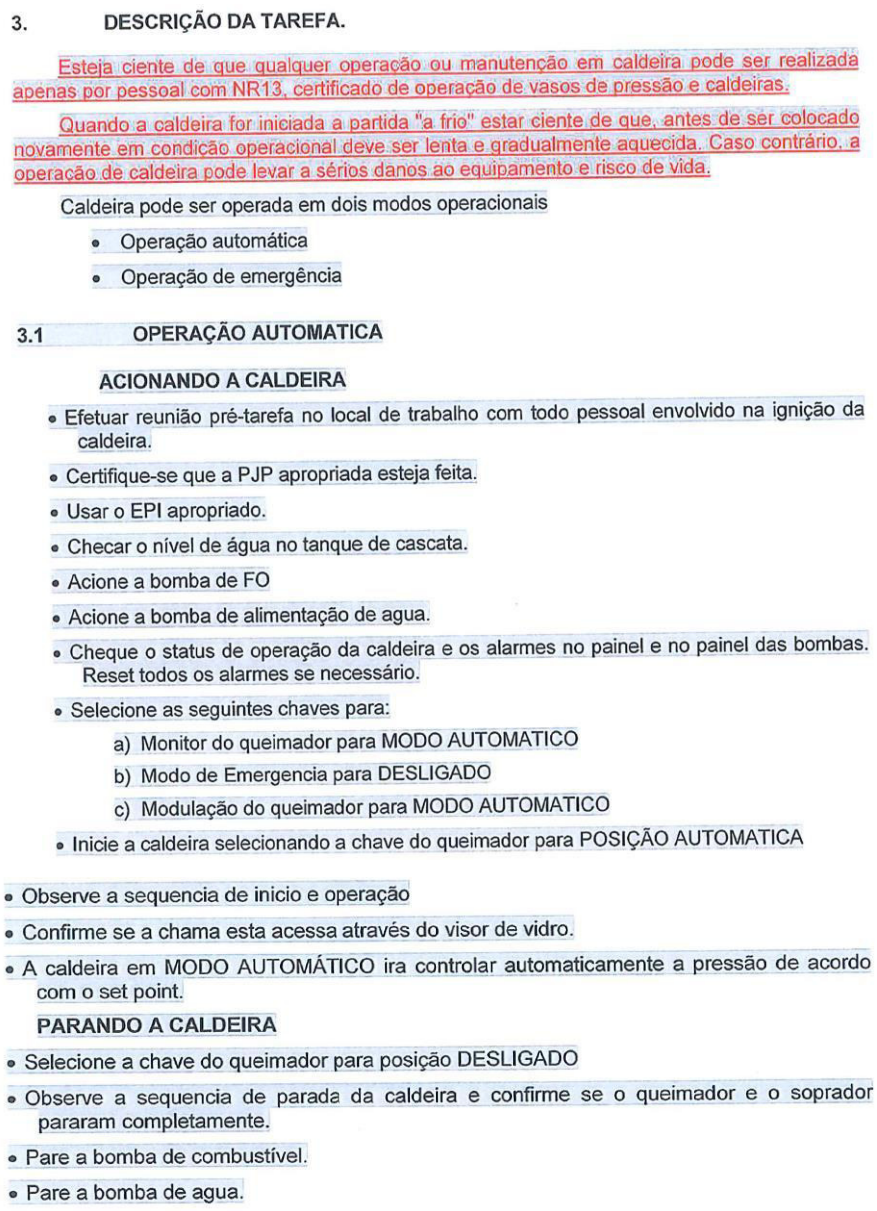


Figura 16 – Trecho relativo a partida da caldeira no documento encontrado na sala de caldeiras

A mesma falha se repetia no procedimento operacional emitido pela OOG: este documento, apesar de identificar o cenário de alta pressão como um risco associado à tarefa, não mencionava como controle de segurança nenhuma verificação relativa à posição das válvulas ou da disponibilidade das PSVs antes da partida:



3. DESCRIÇÃO DA TAREFA.

Esteja ciente de que qualquer operação ou manutenção em caldeira pode ser realizada apenas por pessoal com NR13, certificado de operação de vasos de pressão e caldeiras.

Quando a caldeira for iniciada a partida "a frio" estar ciente de que, antes de ser colocado novamente em condição operacional deve ser lenta e gradualmente aquecida. Caso contrário, a operação de caldeira pode levar a sérios danos ao equipamento e risco de vida.

Caldeira pode ser operada em dois modos operacionais

- Operação automática
- Operação de emergência

3.1 OPERAÇÃO AUTOMATICA

ACIONANDO A CALDEIRA

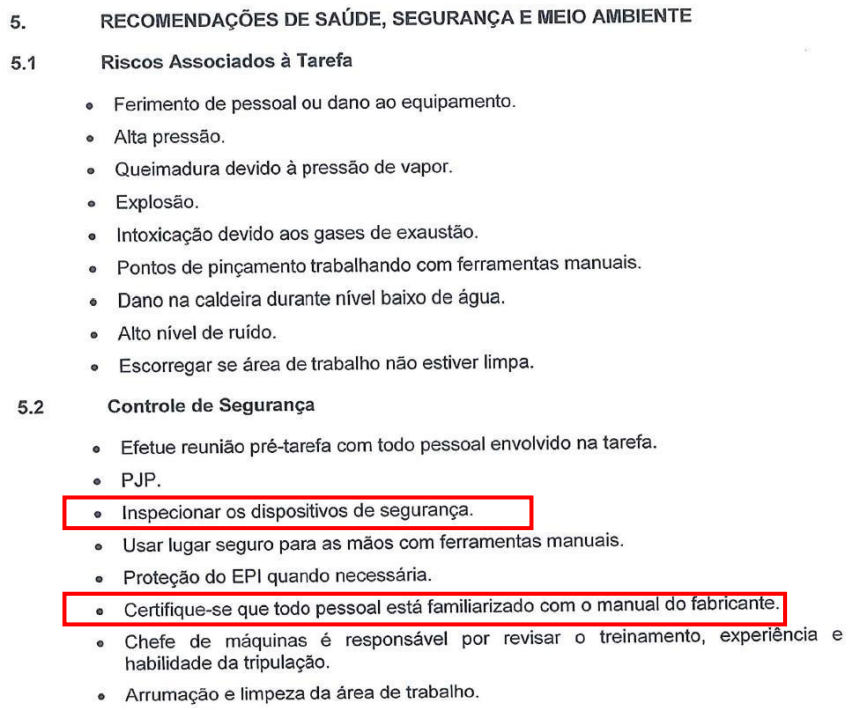
- Efetuar reunião pré-tarefa no local de trabalho com todo pessoal envolvido na ignição da caldeira.
- Certifique-se que a PJP apropriada esteja feita.
- Usar o EPI apropriado.
- Checar o nível de água no tanque de cascata.
- Acione a bomba de FO
- Acione a bomba de alimentação de agua.
- Cheque o status de operação da caldeira e os alarmes no painel e no painel das bombas. Reset todos os alarmes se necessário.
- Selecione as seguintes chaves para:
  a) Monitor do queimador para MODO AUTOMATICO
  b) Modo de Emergencia para DESLIGADO
  c) Modulação do queimador para MODO AUTOMATICO
- Inicie a caldeira selecionando a chave do queimador para POSIÇÃO AUTOMATICA
- Observe a sequencia de inicio e operação
- Confirme se a chama esta acessa através do visor de vidro.
- A caldeira em MODO AUTOMÁTICO ira controlar automaticamente a pressão de acordo com o set point.

PARANDO A CALDEIRA

- Selecione a chave do queimador para posição DESLIGADO
- Observe a sequencia de parada da caldeira e confirme se o queimador e o soprador pararam completamente.
- Pare a bomba de combustível.
- Pare a bomba de agua.

Figura 17 – Trecho da Instrução de Trabalho para Acendimento das Caldeiras

Este documento, apesar de identificar os cenários de alta pressão e explosão como riscos associados à tarefa, não especificava como controle de segurança nenhuma verificação específica relativa à posição da válvula ou da disponibilidade das PSVs antes da partida, mencionava apenas "*inspecionar os dispositivos de segurança*", sem detalhar quais seriam estes dispositivos:



5. RECOMENDAÇÕES DE SAÚDE, SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE

5.1 Riscos Associados à Tarefa

- Ferimento de pessoal ou dano ao equipamento.
- Alta pressão.
- Queimadura devido à pressão de vapor.
- Explosão.
- Intoxicação devido aos gases de exaustão.
- Pontos de pinçamento trabalhando com ferramentas manuais.
- Dano na caldeira durante nível baixo de água.
- Alto nível de ruído.
- Escorregar se área de trabalho não estiver limpa.

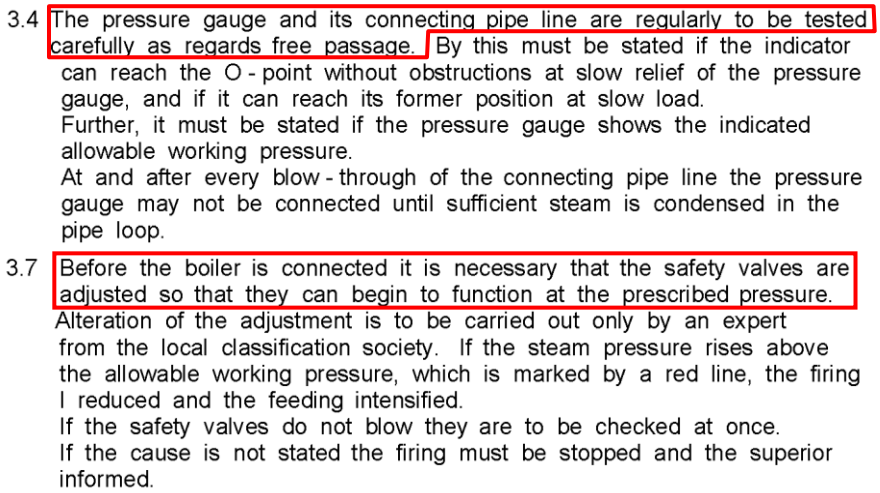
5.2 Controle de Segurança

- Efetue reunião pré-tarefa com todo pessoal envolvido na tarefa.
- PJP.
- Inspecionar os dispositivos de segurança.
- Usar lugar seguro para as mãos com ferramentas manuais.
- Proteção do EPI quando necessária.
- Certifique-se que todo pessoal está familiarizado com o manual do fabricante.
- Chefe de máquinas é responsável por revisar o treinamento, experiência e habilidade da tripulação.
- Arrumação e limpeza da área de trabalho.

Figura 18 – Trecho relativo às recomendações de segurança da Instrução de Trabalho para Acendimento das Caldeiras

Também é possível observar que o documento continha a orientação "*certifique-se que todo pessoal está familiarizado com o manual do fabricante*".

O manual do fabricante, por sua vez, se tratava de um documento mais completo em termos de orientações relativas à segurança na operação do equipamento, incluindo instrução para verificação regular da linha de conexão dos instrumentos de pressão e da funcionalidade das PSVs:



3.4 The pressure gauge and its connecting pipe line are regularly to be tested carefully as regards free passage. By this must be stated if the indicator can reach the O - point without obstructions at slow relief of the pressure gauge, and if it can reach its former position at slow load.
Further, it must be stated if the pressure gauge shows the indicated allowable working pressure.
At and after every blow - through of the connecting pipe line the pressure gauge may not be connected until sufficient steam is condensed in the pipe loop.

3.7 Before the boiler is connected it is necessary that the safety valves are adjusted so that they can begin to function at the prescribed pressure. Alteration of the adjustment is to be carried out only by an expert from the local classification society. If the steam pressure rises above the allowable working pressure, which is marked by a red line, the firing l reduced and the feeding intensified.
If the safety valves do not blow they are to be checked at once.
If the cause is not stated the firing must be stopped and the superior informed.

Figura 19 – Trechos do manual de operação do fabricante contendo orientações para verificação regular linha de conexão dos instrumentos de pressão e da funcionalidade das PSVs

Muito embora a Instrução de Trabalho para Acendimento das Caldeiras, emitida pelo Operador, contivesse recomendações para inspecionar os dispositivos de segurança e certificar-se de que todo pessoal estivesse familiarizado com o manual do fabricante, o fato de a caldeira ter sido operada com os dispositivos de segurança indisponíveis evidencia que o manual do fabricante não era conhecido ou seguido pelos operadores ou ainda que não havia pleno entendimento de quais eram os dispositivos de segurança ao qual o procedimento se referia. Adicionalmente, o manual do fabricante só se encontrava em inglês e não estava disponível no sistema de controle de documentação, portanto, não era plenamente acessível por toda a equipe de bordo.

Ademais, o documento que era provavelmente o mais consultado e utilizado pelos operadores da caldeira por estar afixado no interior da sala de caldeiras não continha todas as orientações necessárias à operação segura da caldeira, além de não se tratar de documento controlado e aprovado pelo operador.

Assim, **não foram plenamente atendidos os requisitos do item 15.2.1 do SGSO**:

> *"O Operador da Instalação terá como atribuição:*
>
> *Elaborar, documentar e controlar os procedimentos operacionais para as operações que são realizadas na Instalação, com instruções claras e específicas para execução das atividades com segurança, levando em consideração as especificidades operacionais e a complexidade das atividades."*

4.4 Causa Raiz nº 4: Falta de elaboração de Permissão de Trabalho para serviço nas caldeiras

Os relatos obtidos pela ANP evidenciam que os funcionários da empresa IMI iriam realizar a calibração das PSVs, acompanhados pelo Segundo oficial de Máquinas, e que a equipe da OOG deveria remover as PSVs e entregá-las para a IMI realizar a calibração.

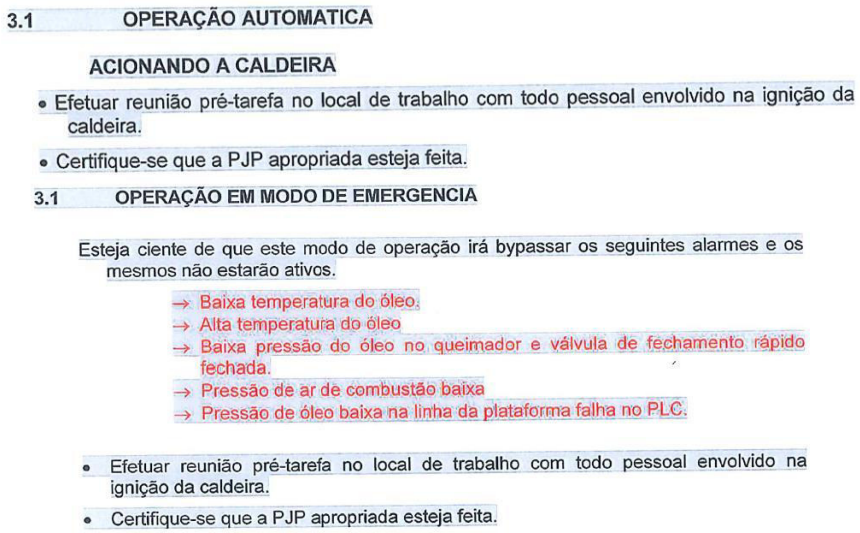
O procedimento de Permissão de Trabalho da OOG listava os trabalhos que requerem abertura de Permissão de Trabalho (PT), dentre os quais constava "*manutenção de equipamentos e sistemas críticos*". A caldeira e seus instrumentos não foram identificados como elementos críticos; e também não se enquadraria nos demais tipos de trabalho para os quais era requerida abertura de PT, a menos da hipótese de "*qualquer outro trabalho determinado pelo Capitão/OIM ou Designado*".

O procedimento de Permissão de Trabalho da OOG exige que, associada à emissão da Permissão de Trabalho, fosse elaborada uma Análise Preliminar de Risco e Impactos (APRI). Já o procedimento de Análise Preliminar de Risco e Impactos estabelece que um Planejamento da Tarefa (PJP – *Pre Job Planning*) deve ser utilizado para avaliação e inspeção da área de trabalho onde a tarefa será executada.

Apesar de haver o entendimento de alguns membros da equipe de bordo de que deveria ter sido aberta uma Permissão de Trabalho para a calibração das PSVs, foi evidenciado que não foi emitida PT para a realização desta tarefa pela contratada IMI.

Não era consenso entre a equipe de bordo que o serviço de calibração requeria a abertura de Permissão de Trabalho, o que evidencia que os critérios para abertura de PT não são objetivos ou não eram bem compreendidos por todo o pessoal de bordo.

Mesmo que a equipe entendesse que não era necessária a abertura de PT para o serviço de calibração das PSVs, a Instrução de Trabalho para acendimento da caldeira exigia a emissão de PJP para operação da caldeira, tanto para operação em modo automático quando para modo de emergência, conforme é possível observar na Figura 20.



3.1 OPERAÇÃO AUTOMATICA

ACIONANDO A CALDEIRA

- Efetuar reunião pré-tarefa no local de trabalho com todo pessoal envolvido na ignição da caldeira.
- Certifique-se que a PJP apropriada esteja feita.

3.1 OPERAÇÃO EM MODO DE EMERGENCIA

Esteja ciente de que este modo de operação irá bypassar os seguintes alarmes e os mesmos não estarão ativos.

→ Baixa temperatura do óleo.
→ Alta temperatura do óleo
→ Baixa pressão do óleo no queimador e válvula de fechamento rápido fechada.
→ Pressão de ar de combustão baixa
→ Pressão de óleo baixa na linha da plataforma falha no PLC.

- Efetuar reunião pré-tarefa no local de trabalho com todo pessoal envolvido na ignição da caldeira.
- Certifique-se que a PJP apropriada esteja feita.

Figura 20 – Trecho contendo orientação para elaboração de PJP na Instrução de Trabalho para Acendimento das Caldeiras

O procedimento de PLANEJAMENTO DA TAREFA – PJP do Operador menciona como referência o procedimento de Permissão de Trabalho. Além disso, o formulário de PJP que deve ser preenchido requer que seja informado o número da PT. Assim, entende-se que, se era requerida a elaboração de uma PJP para a tarefa de acendimento da caldeira, a esta está associada a emissão de uma Permissão de Trabalho

Dessa maneira, a falta de abertura de uma Permissão de Trabalho foi apontada como causa raiz, uma vez que, caso tivesse sido emitida, os procedimentos do sistema de gestão do Operador exigiam a realização de uma análise de risco (APRI) e planejamento (PJP) prévios à realização do trabalho. Estas ferramentas possuíam o potencial de identificar os riscos e estabelecer medidas de controle.

Assim, **não foi plenamente atendido o requisito 17.2.1.1 do SGSO**:

"O Operador da Instalação deverá estabelecer um sistema de permissão de trabalho e outros meios de controle para gerenciar atividades em áreas de risco. Na elaboração deste sistema deverá considerar:

17.2.1.1 Que o Operador da Instalação deverá estabelecer os tipos de atividade que possam constituir riscos para a Segurança Operacional e que requerem Permissão de Trabalho."

Adicionalmente, o procedimento de Permissão de Trabalho da OOG exige que, associada à emissão da Permissão de Trabalho, fosse elaborada uma Análise Preliminar de Risco e Impactos (APRI). Nesta análise, o elaborador deve identificar minuciosamente cada etapa da atividade, fazer a identificação dos perigos e/ou aspectos ambientais e avaliar os riscos e/ou impactos ambientais, classificando a probabilidade e gravidade do risco e definindo medidas de controle, as quais deve ser atribuída uma função responsável pela implementação.

O procedimento prevê a existência de um banco de dados com as APRIs geradas. Ao utilizar uma APRI existente no banco de dados, o Líder da Área e o Representante da Área de Sustentabilidade da unidade devem analisar se a mesma apresenta discrepância em relação à atividade e suas etapas, perigos e riscos associados. O Gerente da Unidade deve se certificar de que a unidade de sua responsabilidade possui um banco de dados com APRIs para todas as operações.

A atividade de acendimento da caldeira possuía uma APRI elaborada, a qual identificava:

- As etapas da atividade a ser realizada;
- Os perigos e/ou aspectos ambientais;
- Os riscos e/ou impactos ambientas decorrentes dos perigos;
- A gravidade, probabilidade e a taxa de risco resultante (com classificação);
- As medidas de controle e
- A gravidade, probabilidade e a taxa de risco caso as medidas sejam implementadas (risco residual).

Observando-se esta APRI de acendimento de caldeira existente, pode-se identificar que:

a) A análise identifica o perigo de "*operação inadequada do equipamento*", resultando no risco de "*explosão, dano ao equipamento e queimaduras*", durante as etapas de acendimento e aumento de pressão da caldeira:

Quando acender a caldeira, deixe o vapor fluir pela válvula de purga por 2 minutos e depois feche - a/ *When turn on the boiler, left stearn flow by the bleed valve for 2 minutes, after this close it.*	Operação inadequada do equipamento/ *Improper operation of equipment*	Explosão, dano ao equipamento e queimaduras./ *Explosion, damage to equipment and high pressure*	IV	C	2
Aumentar a pressão da caldeira até pressão de trabalho/ *Increase the pressure until reach the work pressure*	Operação inadequada do equipamento/ *Improper operation of equipment*	Explosão, dano ao equipamento e queimaduras./ *Explosion, damage to equipment and high pressure*	IV	C	2

Figura 21 – Perigos resultando em explosão na APRI da atividade de acendimento da caldeira

b) Este risco está classificado inicialmente como severidade IV (alta) e probabilidade C (possível), o que resulta numa taxa de risco 2 (nível intermediário):

		Classificação de Probabilidade / *Classification of Probability*				
		A	B	C	D	E
Classificação de Gravidade do Risco / *Classification of the Risk Severity*		Iminente / *Imminent*	Provável / *Probable*	Possível / *Possible*	Improvável / *Improbable*	Muito Improvável / *Very Improbable*
V	Intolerável / *Intolerable*	3	3	3	2	2
IV	Alta / *High*	3	3	2	2	1
III	Moderada / *Moderate*	3	2	2	1	1
II	Leve / *Light*	2	2	1	1	1
I	Desprezível / *Negligible*	2	1	1	1	1
		Taxa de Risco / *Risk Rate*				

Figura 22 – Matriz de classificação de risco utilizada na APRI

c) Como medidas de controle deste risco, são mencionadas apenas "*operação somente por tripulante qualificado"* e *"uso do EPI completo"*. Após estas medidas implementadas, o cenário foi reclassificado como severidade I (desprezível), resultando em um risco classificado como 1 (baixo):

Operação somente por tripulante qualificado e uso do EPI completo / *Operation only by qualified crew and full use of PPE*	I	C	1
Operação somente por tripulante qualificado e uso do EPI completo / *Operation only by qualified crew and full use of PPE*	I	C	1

Figura 23 – Medidas de controles apontadas na APRI para o risco de explosão

Conclui-se que a análise preliminar de risco padrão para a atividade de acendimento de caldeira era falha em diversos aspectos, pois:

- O risco de explosão da caldeira foi classificado quanto à gravidade como categoria IV, o que na matriz da OOG corresponde a um evento que cause lesão, doença grave ou incapacidade temporária com afastamento. Esta classificação está incorreta, pois uma explosão de caldeira tem potencial para causar fatalidades, logo a gravidade deveria ter sido classificada como V – intolerável.

- A APRI não identificava todas as medidas de controles necessárias para a realização segura da tarefa, tais como a verificação da desobstrução das linhas de tomada de pressão e da funcionalidade das PSVs.
- As medidas de controle do risco apontadas (operação somente por tripulante qualificado e uso do EPI completo) não têm potencial para diminuir a **gravidade** de um cenário de explosão para a classificação I – desprezível (*pequena lesão, ou pequeno agravo para saúde, sem afastamento ou caso de primeiros socorros*) conforme identificado, apenas reduzir a **probabilidade** de ocorrência deste cenário.

Dessa maneira, mesmo que a atividade tivesse sido realizada com uso de Permissão de Trabalho utilizando-se da APRI padrão armazenada no banco de dados, esta não apresentava medidas de controle dos riscos suficientes para a redução dos riscos a níveis aceitáveis, deseducando a equipe de bordo a respeito dos riscos envolvidos. Este desvio caracteriza-se como um fato notável, ou seja, uma deficiência, erro ou falha que não é diretamente relacionada à sequência do acidente, mas foi verificada durante o curso da investigação.

4.5 Causa Raiz nº 5: Ausência de procedimento de inspeção de equipamentos

A OOG não possuía procedimento próprio para inspeção de equipamentos enquadrados na NR-13 ou de calibração de instrumentos e válvulas, ficando esta atividade a cargo somente da contratada. Não foi evidenciado que os procedimentos da empresa contratada tivessem sido previamente analisados e aprovados pela OOG.

Logo, o Operador não possuía um padrão aprovado de realização para estes serviços, deixando que os funcionários atuassem de forma improvisada, sem realizar um planejamento prévio para a tarefa e se assegurar que todas as medidas de segurança necessárias para a realização da tarefa fossem tomadas.

Dessa maneira, **não foi observado o requisito 13.2.2 do SGSO**:

"O Operador da Instalação terá como atribuição:

13.2.2 Estabelecer procedimentos de inspeção, teste e manutenção que contenham instruções claras para condução segura das atividades."

4.6 Causa Raiz nº 6: Falta de controle em serviços contratados

Os depoimentos obtidos pela ANP dão conta de que foi relatado aos funcionários da empresa contratada IMI que as PSVs haviam apresentado comportamento anormal anteriormente ao acidente. Este fato reforça que a operação das caldeiras foi efetuada dentro de um histórico de desvios

conhecidos, porém, não tratados e com o certificado de calibração das válvulas de segurança vencido, a pedido da IMI, o que não era um procedimento adequado nem necessário para realização do serviço de calibração. A atitude correta seria remover as PSVs da caldeira, para realização de teste em bancada e posterior calibração. No entanto, os funcionários da empresa IMI acompanharam a operação da caldeira mesmo tendo sido possivelmente alertados do funcionamento anormal das PSVs e certamente cientes do vencimento do certificado de calibração das válvulas, pois esta data constava do mapa de calibração. Não há registro de que as PSVs tenham sido removidas da caldeira para calibração em bancada.

Não foi evidenciado que a empresa IMI possuísse um procedimento para a realização da inspeção NR-13 de caldeiras ou de calibração das PSVs e manômetros que tivesse sido previamente analisado e aprovado pela OOG, conforme apontado no item anterior. Além disso, não foi evidenciado que a OOG fiscalizava se os empregados da contratada haviam recebido treinamento (inclusive de reciclagem) adequado para desempenhar suas funções e foi identificado que a OOG não possuía um Profissional Habilitado (PH) que avaliasse tecnicamente os relatórios ou procedimentos de inspeção dos equipamentos pela empresa contratada.

Ressalta-se que ainda em relação à esta falha o fato de que relatórios de inspeções anteriores efetuadas nas caldeiras em 2015 e 2016 atestam a realização de ensaio de acumulação[3] em pressão superior à PMTA do equipamento. Tal fato, já caracterizaria uma condição de risco grave e iminente, além de esta pressão não ser possível de ser atingida com as PSVs calibradas e operacionais, pois estas abririam a uma pressão inferior, aliviando a pressão do interior das caldeiras. O valor da pressão utilizada indicado no relatório pode ter sido um erro de digitação, mas não houve qualquer contestação por parte da OOG desta informação.

Outra falha identificada em inspeção anteriormente realizada, foi a efetivação de assinatura no relatório de inspeção por representante da empresa IMI, que não era habilitada atuar como PA (profissional habilitado).

Destaca-se que não havia uma metodologia ou responsável bem definidos para a avaliação dos trabalhos técnicos desenvolvidos por empresas contratadas. A aprovação dos serviços ficava limitada à

[3] Ensaio de acumulação é um ensaio no qual a caldeira é submetida à carga térmica máxima, com todas as saídas de pressão fechadas, exceto das válvulas de alívio e segurança, de forma a determinar se tais válvulas são suficientes para realizar o alívio requerido, sendo capazes de manter a pressão no interior da caldeira dentro dos limites de segurança.

entrega de relatórios e/ou certificados à OOG, sem haver qualquer registro de que fosse avaliada a qualidade desses serviços.

Tais fatos acima descritos evidenciam **não atendimento ao requisito 5.2 do SGSO**:

"O Operador da Instalação deverá estabelecer critérios para seleção e avaliação de desempenho de contratadas, de acordo com o risco das atividades a serem realizadas, que considerem aspectos de segurança operacional."

4.7 Causa Raiz nº 7: Falta de controle de registros de operação das caldeiras

Foi evidenciado que, na véspera do acidente, a equipe de bordo já havia identificado que as PSVs estavam apresentando comportamento anormal, tendo aberto em valores de pressão distinto do *set point*. No entanto, a informação detalhada das pressões de abertura foi passada apenas verbalmente pelos operadores ao chefe do turno e deste para os operadores do turno seguinte, não tendo sido evidenciado nenhum registro escrito desta informação.

Na ata da reunião de passagem de serviço, foi registrado apenas que estava em andamento um *troubleshoot* das válvulas de segurança das caldeiras, sem especificar o que havia sido feito, em qual caldeira, ou qual havia sido o problema detectado. O livro de passagem de serviço da sala de controle do dia 08/06/2017 continha registro semelhante, sem maiores informações.

No *log book* das caldeiras não consta qualquer registro relativo a esta data. Adicionalmente, o *log book* não possui qualquer registro de operação posterior à 16/04/2017, incluindo o registro da operação da caldeira durante a qual o problema nas PSVs foi constatado.

Dessa maneira, a ausência de registros de operação da caldeira, incluindo os valores de pressão de operação atingida e de pressão de abertura das PSVs em cada ocasião pode ter motivado a operação da caldeira para que o funcionário terceirizado responsável pela calibração constatasse qual era o valor da pressão de abertura, mesmo que a equipe de bordo já tivesse conhecimento desta informação.

Esta falha se constitui um **descumprimento ao item 8.2 do SGSO**:

"Cabe ao Operador da Instalação desenvolver um sistema de controle de documentação que considere o desenvolvimento, atualização, distribuição, controle e integridade das informações e de toda documentação necessária ao atendimento deste Regulamento Técnico."

4.8 Causa Raiz nº 8: Treinamento insuficiente para a realização da função

No momento da explosão, o operador da caldeira (Segundo Oficial de Máquinas) encontrava-se no interior da sala de caldeiras. Nas oitivas realizadas, foi relatado que a OOG não realizava treinamento prático para sua força de trabalho relacionada à operação de caldeiras. Tais treinamentos, obrigatórios pela NR-13 (A1.1), eram realizados por empresa terceirizada e a norma não estipula obrigatoriedade de reciclagem.

Também não foi evidenciado que houvesse treinamento para inspeção de equipamentos enquadrados pela norma NR-13 para os funcionários da OOG, nem profissional habilitado (PH) próprio, além de esses serviços serem executados por empresa contratada.

Em oitiva, foi relatado pelo pessoal de bordo envolvido na operação das caldeiras que, mesmo tendo sido realizado o treinamento obrigatório em NR-13, este treinamento era julgado insuficiente para que os funcionários tivessem plena capacidade de operação segura do equipamento. Foi relatado também que, devido à baixa frequência de operação da caldeira e realização de testes de funcionamento de curta duração, que não atingiam a pressão de operação da caldeira, os operadores sentiam que possuíam pouca experiência em atuar em caso de uma condição anormal de funcionamento.

De fato, os registros de operação constantes no *log book* não apresentaram nenhuma observação que relatasse a ocorrência de condição anormal de funcionamento a qual demandasse uma ação de controle por parte do operador.

Adicionalmente, há controvérsias em relação à estrutura organizacional da equipe de máquinas, suas funções e atribuições. Também há divergências quanto às terminologias dos cargos e funções exercidas.

Relatos mencionam que o funcionário que operou a caldeira durante o acidente (Segundo Oficial de Máquinas) seria terceiro engenheiro e que este não operaria as caldeiras. Outro relato menciona que o Segundo Oficial de Máquinas só teria iniciado a caldeira acompanhado e que poucas vezes a teria operado até que a pressão de operação fosse atingida.

Dessa maneira, fica evidenciado que o funcionário que operou a caldeira no dia do acidente contava apenas com um treinamento julgado como insuficiente por membros da equipe para a realização da sua função e possuía pouca experiência em operação de caldeira, principalmente no que tange a operação deste equipamento em condições anormais de funcionamento.

Esses fatos evidenciam **não atendimento ao requisito do item 3.3.5.3 do SGSO**:

"3.3.5.3 Treinamento Especializado

Necessário para a força de trabalho designada para realizar atividades específicas relacionadas a este Regulamento Técnico.

Esse treinamento deverá ser conduzido como parte da implantação do sistema de gerenciamento de segurança operacional e com reciclagem periódica."

4.9 Causa Raiz nº 9: Baixa percepção do risco de explosão por sobrepressão de vapor na caldeira

Durante a investigação, ficou evidente que a equipe de bordo estava mais conscientizada em relação ao risco de explosão da caldeira devido a um acúmulo de combustível na câmara de combustão do que em relação a possibilidade de este cenário ser causado por sobrepressão na câmara de vapor. Dois fatos suportam essa afirmativa:

- O maior destaque dos procedimentos operacionais às medidas de controle para evitar o cenário de explosão na câmera de combustível (tais como realizar a purga de combustível antes de partir a caldeira) do que às medidas capazes de evitar sobrepressão do vapor, conforme evidenciado no item 4.3 e;
- A convergência dos relatos da equipe de bordo em apontar a explosão da caldeira como proveniente da câmara de combustão ou que esta teria sido causada por acúmulo de combustível ou não realização da purga em vez de ter sido causada pela sobrepressão do vapor.

Pode ser estabelecida uma relação de causa-consequência entre os itens acima. De fato, os procedimentos não realizam a correta identificação do perigo de explosão da caldeira por sobrepressão do vapor e das medidas de controle para este cenário, gerando uma baixa percepção deste risco.

Adicionalmente, a falta de identificação de cenário de explosão da caldeira no estudo de HAZID da instalação e as consequências desta falha, conforme apontado no item 4.1 deste relatório, permitem apontar que havia um baixo nível de conscientização da tripulação a respeito dos perigos envolvidos na operação da caldeira de forma geral.

Tendo em vista todos os fatos apontados previamente, é possível afirmar que havia uma baixa percepção do risco de explosão por sobrepressão de vapor na caldeira e das medidas necessárias para evitá-lo. Esta baixa percepção do risco se materializou na operação da caldeira apesar de duas importantes salvaguardas, para este cenário de alto risco, estarem indisponíveis.

Pouco foco também era dado à área das caldeiras e área de máquinas em geral por parte da fiscalização da Petrobras, tanto nas auditorias comportamentais, as quais avaliam o grau de cumprimento dos procedimentos e das regras de segurança, quanto nas auditorias de PTs e demais atividades dos fiscais da sonda.

Caso houvesse uma plena conscientização dos riscos associados à operação da caldeira o acidente poderia ter sido evitado, através das seguintes medidas, dentre outras:

- Abertura de gestão de mudança para as intervenções realizadas (aperto nas molas das PSVs e fechamento das válvulas de isolamento das tomadas de pressão) e consequente análise dos riscos gerados por esta intervenção;
- Elaboração de Permissão de Trabalho para executar o serviço de calibração das PSVs;
- Identificação da necessidade de melhoria no procedimento operacional de operação das caldeiras;
- Identificação da necessidade de melhoria na APRI da atividade de acendimento da caldeira.

Esses fatos evidenciam **não atendimento ao requisito 2.2.2 do SGSO**:

> *"O Operador da Instalação será responsável por:*
>
> *2.2.2 Promover atividades de conscientização e informação relacionadas com a segurança operacional, bem como propiciar oportunidades para participação de toda a força de trabalho na medida de seu envolvimento."*

As causas raiz anteriormente apresentadas foram consideradas causas comuns aos dois fatores causais, ou seja, estas falhas no sistema de gestão propiciaram que a caldeira fosse operada com as válvulas de isolamento das tomadas de pressão fechadas e com as PSVs travadas comprimidas.

A causa raiz a seguir refere-se somente ao fator causal relacionado às PSVs.

4.10 Causa Raiz nº 10: Falta de investigação para funcionamento anormal das PSVs

Conforme demonstrado anteriormente, as PSVs da caldeira nº 1 não atuaram durante a operação que resultou no acidente em tela, devido ao fato de estarem com as molas totalmente comprimidas pelo parafuso de ajuste. Entretanto, nos testes realizados na véspera do acidente, a constatação da abertura das PSVs de ambas as caldeiras, sem razão aparente, em valores de pressão bem afastados dos valores de *set point* que haviam sido ajustados na calibração anterior aponta a existência de um problema de integridade mecânica nas PSVs.

As PSVs das caldeiras eram submetidas a testes anuais de calibração em empresa especializada, conforme determina a NR-13. Contudo, durante os ensaios mecânicos em laboratório realizados em 2016, foi verificado que essas válvulas não apresentaram resultados satisfatórios (abertura acima do *set point*). Nenhum estudo, mais específico, foi realizado para determinar as causas

desses desvios. Cabe ressaltar que não foi apresentado qualquer documento contendo uma avaliação dos resultados dessas inspeções, **em desacordo com o que determina o requisito 13.4 do SGSO:**

> *"O Operador da Instalação será responsável por monitorar e avaliar os resultados das inspeções e testes."*

4.11 Resumo das causas raiz

Na Tabela 4 é apresentado um resumo dos fatores causais, causas intermediárias e causas raiz, associadas ao item do SGSO correspondente:

Tabela 4 – Resumo das causas do acidente

Fatores Causais	Causas Intermediárias	Causas Raiz	Item do SGSO
FC1: Não atuação do sistema de controle de pressão	Fechamento das válvulas das linhas de tomada de pressão	CR1: Falha na identificação de cenário de explosão nas caldeiras na Análise de Risco	12.5.2
		CR2: Alterações sem abertura de processo de Gestão de Mudança	16.2
		CR3: Procedimento operacional incompleto	15.2.1
		CR4: Falta de elaboração de Permissão de Trabalho para serviço nas caldeiras	17.2.1.1
FC2: Não atuação das válvulas de alívio de pressão (PSVs)	Ajuste manual das PSVs para pressão de abertura acima da PMTA	CR5: Ausência de procedimento de inspeção de equipamentos	13.2.2
		CR6: Falta de controle em serviços contratados	5.2
		CR7: Falta de controle de registros de operação das caldeiras	8.2
		CR8: Treinamento insuficiente para a realização da função	3.3.5.3
		CR9: Baixa percepção do risco de explosão por sobrepressão de vapor na caldeira	2.2.2
	Integridade mecânica	CR10: Falta de investigação para funcionamento anormal das PSVs	13.4

5. Recomendações

Para determinar as recomendações a serem implementadas de forma a dar tratativa a todas as causas raiz do acidente, foram analisadas tanto as recomendações já existentes, provenientes de outras investigações realizadas pela ANP, quanto as recomendações elaboradas pela investigação do acidente realizada pelo Operador.

A seguinte recomendação, proveniente da investigação do acidente de explosão ocorrido na FPSO Cidade de São Mateus (fevereiro de 2015), foi considerada aplicável para este acidente:

CDSM_R17: *Estabelecer programa de treinamento contínuo em procedimentos operacionais, sendo necessário estabelecer uma frequência diferenciada de reciclagem para procedimentos críticos*.

Como resultado das causas identificadas na investigação deste acidente, foram propostas pela equipe de investigação recomendações adicionais para evitar a ocorrência de incidentes semelhantes.

5.1 Recomendação para a ANP

Como resultado da análise da investigação própria realizada pelo Operador, recomenda-se que a equipe de auditores da ANP avalie a implementação das recomendações abaixo, provenientes desta investigação, em auditoria na sonda Norbe VIII, e avalie a possível abrangência para as demais unidades da Ocyan:

R01) Prover Profissional Habilitado (PH) para acompanhamento da operação e da manutenção das caldeiras.

R02) Realizar análise crítica da sistemática de contratação contemplando os critérios técnicos, normativos e escopo dos serviços.

R03) Estabelecer critérios de fiscalização para os serviços prestados.

R04) Estabelecer procedimentos para recertificação dos equipamentos em conformidade com as instruções do fabricante, legislação aplicável e validados pelo suporte de engenharia em terra.

R05) Implementar o uso de lista de verificação (check-list) para a partida e operação das caldeiras, complementando a R04.

R06) Incluir na matriz de treinamento da liderança um programa específico de cultura em SMS.

R07) Implementar sistemática para realização de análise e controle de perigos na execução de tarefas não rotineiras.

R08) Incluir na matriz de treinamento da liderança um programa específico de cultura em SMS.

R09) Implementar sistemática para emissão de PT para intervenções e execução de tarefas não rotineiras.

R10) Estabelecer procedimento de passagem de serviço (turno e turma) com informação clara das condições operacionais da instalação, contendo: mudanças efetuadas, isolamentos de equipamentos e sistemas afetos a cada função, status das intervenções em andamento, tarefas não rotineiras e determinações com impacto operacional.

R11) Revisar procedimento de acendimento da caldeira considerando a verificação de alinhamento dos instrumentos e tomadas do sistema de controle e proteção, contendo de lista de verificação (check-list).

R12) Elaborar procedimento para realização de desabilitação de sistemas de controle e proteção das caldeiras.

R13) Implementar treinamento de identificação de mudanças e utilização do procedimento de gestão de mudanças (disciplina operacional).

RC1)[4] *Implantar programa de treinamento de valorização da cultura de segurança e atitude comportamental da força de trabalho para não iniciar nenhuma atividade fora de rotina sem antes checar todas as recomendações de segurança para cada tarefa com base em planejamento prévio com análise dos riscos envolvidos.*

RC2) Estabelecer forma de comunicação documentada entre liderança e sua equipe para confirmação do entendimento dos participantes sobre os perigos, medidas de segurança e sequência de tarefas (passo a passo) das atividades a serem executadas.

RC3) Estabelecer sistemática de trabalho seguro para somente manter no local de execução de operações de alto potencial de risco, profissionais qualificados e diretamente envolvidos na atividade.

RC4) Emitir comunicado ao fabricante sobre a falha identificada no Manual da Caldeira: Falta de procedimento passo a passo para realizar o aquecimento gradativo da caldeira de forma adequada.

RC5) Disponibilizar Manual de Operação das Caldeiras atualizado em língua portuguesa, conforme requisito da NR-13, item 13.4.3.1.

[4] Recomendações complementares, referentes à avaliação de fatores humanos, provenientes do relatório da investigação própria realizada pelo Operador (Petrobras).

5.2 Recomendações para o operador Ocyan

Em complementação às recomendações já existentes proveienets das demais investigações realizadas pela ANP e às recomendações provenientes da investigação própria, foram elaboradas as seguintes recomendações para o Operador Ocyan, de implementação mandatória, de forma a cobrir todas as causas raiz identificadas para o acidente:

R1) Revisar as análises de risco da instalação e da atividade de forma a detectar possíveis cenários não identificados.

R2) Implementar metodologia de verificação/análise dos procedimentos operacionais, para detectar falhas e indicar melhorias.

6. Conclusões

O acidente em tela foi o responsável por 3 das 4 fatalidades ocorridas em instalações *offshore* que atuaram no segmento de Exploração e Produção no Brasil em 2017. Assim, vem à tona a necessidade de compreender suas causas e atuar de forma a evitar a ocorrência de eventos semelhantes.

Este acidente traz como lição aprendida que alguns dos maiores riscos presentes em sondas marítimas não estão apenas diretamente relacionados às atividades de perfuração e intervenção de poços, mas também existem outras equipamentos, atividades e operações que oferecem riscos e devem receber atenção por parte dos operadores.

Também fica evidente que a Análise de Risco é prática de gestão de suma importância para a segurança operacional. Grande parte dos desvios encontrados pode ser relacionado ao fato de a análise de risco realizada não ter identificado o cenário de explosão da caldeira como um *Major Accident Hazard*. Merece destaque o fato de que as caldeiras tinham por finalidade fornecer vapor para atividade de teste de poço. Nesta ocasião há presença de hidrocarbonetos na sonda. O cenário de incêndio ou explosão na sonda causado por vazamento de hidrocarbonetos estava mapeado na Análise de Risco, ao contrário do cenário de explosão na caldeira. Dessa maneira, os operadores devem envidar seus esforços em realizar análises de risco de qualidade, que identifiquem todos os cenários de risco, e formular medidas de controle que sejam capazes de prevenir ou mitigar os cenários identificados.

Os procedimentos operacionais também merecem especial atenção, pois possuem não só a função de orientar os operadores a respeito da sequência de tarefas a ser realizada, mas também se constituem como importante ferramenta de comunicação e conscientização dos riscos envolvidos na operação da unidade.

Foi contribuinte para a sequência de fatos que deram causa ao acidente a pouca experiência da equipe de bordo na operação das caldeiras a plena carga. Mesmo possuindo os treinamentos obrigatórios, a falta de uma reciclagem ou um treinamento com foco mais prático, no qual o treinando fosse avaliado em relação à sua capacidade de atuar em caso de funcionamento anormal da caldeira e seus sistemas auxiliares e de segurança, foi fator determinante para a ocorrência do evento.

Conforme pode ser observado analisando-se as causas identificadas, há pouca relação com questões de integridade, pois a sonda apresentava bom estado de conservação, com as manutenções em dia. Em auditoria da Petrobras que estava sendo conduzida durante o acidente não havia sido encontrada qualquer não conformidade relacionada às caldeiras. Em seu relato, o auditor registrou que as caldeiras não apresentavam vazamentos e a sala estava organizada. Tampouco foram evidenciadas falhas no projeto da caldeira ou seus dispositivos de segurança.

Dessa maneira, este acidente mostra que o sistema de gestão do operador precisa ser robusto em relação a todas suas práticas de gestão, pois os acidentes por vezes decorrem de falhas e desvios que não são aparentes. Este fato reforça a necessidade de auditorias e melhoria contínua no sistema de gestão dos operadores.

Como a explosão da caldeira lançou vapor em alta temperatura e pressão sobre os trabalhadores que estavam próximos, havia poucas chances de sobrevivência por parte dos atingidos. Dessa forma, mesmo que a resposta a emergência tenha sido considerada satisfatória e que não tenham sido apontadas causas relacionadas à resposta a emergência, não houve sobreviventes.

Tendo em mente a gravidade deste acidente, os operadores devem avaliar todas as causas identificadas e realizar a abrangência das recomendações apontadas para seu sistema de gestão, de forma a atingir a operação segura e confiável de seus ativos.