

Pós-Graduação

Segurança de Processos



APLICAÇÃO DA SEGURANÇA DE PROCESSOS NAS FASES DO COMISSIONAMENTO DE UMA PLANTA INDUSTRIAL

Adnete C. E. Santos, Lucas B. Vancini, Marcell H. Dias, Rosana B. Egewarth

RESUMO

O comissionamento é um processo crucial para garantir o funcionamento eficiente e seguro das instalações industriais. A falta de um comissionamento eficaz pode levar a uma série de problemas operacionais, de segurança e de conformidade, impactando negativamente a reputação da empresa e aumentando os custos. O presente estudo buscou analisar princípios de comissionamento relacionados à segurança de processos, assim como trazer uma contextualização sobre normatização e conformidade em relação ao assunto. A partir de uma análise de alertas de segurança, relatórios de incidentes e de segurança operacional da indústria de óleo e gás, foi trazido um histórico recente de acidentes e auditorias com falhas ou não conformidades relacionadas a comissionamento. Como resultado, foi elaborada e apresentada uma lista de verificação com cinco seções a ser aplicada nas diferentes fases do comissionamento de plantas industriais.

Palavras-chave: comissionamento, segurança de processos, lista de verificação.

ABSTRACT

Commissioning is a crucial process to ensure the efficient and safe operation of industrial facilities. The lack of effective commissioning can lead to a series of operational, safety and compliance issues, negatively impacting the company's reputation and increasing costs. The present study sought to analyze principles of commissioning related to process safety, as well as contextualize standards and compliance on the subject. After analyzing safety alerts, incident and safety reports from the oil and gas industry, it is presented a recent history of accidents and audits with failures or nonconformities related to commissioning. As a result, a checklist with five sections was developed and it is presented to be applied in the distinct phases of industrial plant commissioning.

Keywords: commissioning, process safety, checklist.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CCPS	Centro para Segurança de Processos Químicos (<i>Center for Chemical Process Safety</i>)
CDSM	Cidade de São Mateus
F&G	Fogo & Gás
FPSO	Unidade Flutuante de Produção, Armazenamento e Transferência (<i>Floating, Production, Storage and Offloading</i>)
HAZOP	Análise de Perigos e Operacionalidade (<i>Hazard and Operability Study</i>)
IPL	Camada de Proteção Independente (<i>Independent Protection Layer</i>)
LOPA	Análise de Camadas de Proteção (<i>Layer of Protection Analysis</i>)
NOPSEMA	<i>National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority</i>
NA	Não Aplicável
NR	Norma Regulamentadora
P&ID	Diagrama de Tubulação e Instrumentação (<i>Piping & Instrumentation Diagram</i>)
PPCI	Proteção Passiva Contra Incêndio
SIL	Nível de Integridade de Segurança (<i>Safety Integrity Level</i>)
SIS	Sistema Instrumentado de Segurança (<i>Safety Instrumented System</i>)
TAP	Teste de Aceitação de Performance
TTAS	Termo de Transferência e Aceitação de Sistema

1. INTRODUÇÃO

O comissionamento pode ser compreendido como um processo essencial para garantir que todos os sistemas e componentes de uma instalação industrial sejam projetados, instalados, testados e mantidos segundo as necessidades operacionais do proprietário ou do cliente final. Este processo não se limita apenas a novos projetos, mas também pode ser aplicado a unidades existentes e sistemas sujeitos à ampliação, renovação ou reformulação. Na prática, o comissionamento envolve a aplicação integrada de um conjunto de técnicas de engenharia e procedimentos de controle, inspeção e teste em cada componente operacional do projeto. Este processo abrangente visa garantir que a instalação funcione conforme projetado, atendendo aos requisitos de desempenho e segurança operacionais estabelecidos.

A ausência de um comissionamento eficaz pode acarretar uma série de problemas que comprometem a operação, segurança e conformidade de uma instalação industrial, além de potencialmente prejudicar a reputação da empresa envolvida. Sem os testes apropriados, sistemas críticos podem não operar conforme o esperado, aumentando o risco de falhas operacionais, avarias e acidentes. Além disso, componentes mal ajustados ou configurados podem resultar em uma operação ineficiente da instalação, elevando o consumo de energia, os custos operacionais e diminuindo a produtividade. A falta de testes de sistemas de segurança e procedimentos de segurança pode expor a instalação a sérios riscos, colocando em perigo os trabalhadores e a segurança dos processos. A falta de documentação e registros adequados durante o comissionamento também pode levar a não conformidade com regulamentações e normas, sujeitando a instalação a multas ou penalidades legais. A correção desses problemas após a partida da instalação pode gerar custos adicionais significativos e atrasos no projeto, e uma instalação que apresenta problemas logo após a partida devido a um comissionamento inadequado pode minar a confiança do cliente e prejudicar a reputação da empresa contratada.

É comum que a construção de instalações da indústria de processo seja terceirizada por meio de contratos do tipo empreitada global ou modelos similares. Por este motivo, se faz necessário promover um alinhamento entre os sistemas de gestão de segurança operacional da contratante e contratada de forma colaborativa. Neste caso, o uso de padrões como o *bridging document*, ou documento de interface, é essencial. (ANP, 2023, p.17)

Na indústria de processos, em que a segurança é inegociável, o *bridging document* emerge como um aliado estratégico, elevando os padrões de integridade e operacionalidade. Além disso, em setores que demandam precisão, um conjunto de diretrizes não é apenas uma formalidade, mas uma ferramenta vital para verificar se os procedimentos operacionais das empresas terceirizadas estão alinhados com as práticas da empresa patrocinadora, garantindo assim a segurança e a integridade do empreendimento.

Nos últimos anos, órgãos regulatórios têm dado mais importância ao tema de comissionamento. Por exemplo, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, conhecida como ANP, vem abordando o tema com recorrência desde 2020 em seus relatórios anuais de segurança operacional. Neles, fica exposto o foco recente na realização de auditorias pré-operacionais pela ANP em instalações da indústria de óleo e gás, motivadas, entre outros fatores, pelos resultados insatisfatórios de segurança e desvios encontrados nas fases de projeto e comissionamento (ANP, 2023, p.60).

1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho objetiva sintetizar boas práticas de segurança de processos ao comissionamento de plantas industriais de diferentes setores através de uma lista de verificação, visando evitar falhas e maximizar a eficiência operacional desde o início das operações, bem como abordar uma visão mais atual do que é praticado no mercado quanto às etapas de comissionamento, apresentando também algumas falhas relacionadas que resultaram em acidentes e não conformidades em auditorias de órgãos reguladores.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Reforçar os princípios e pilares sobre as fases do comissionamento e a sua contribuição para a segurança de processos;
- b. Analisar o histórico recente de acidentes com causas básicas e de auditorias com não conformidades relacionadas às fases de comissionamento;
- c. Elaborar e apresentar uma lista de verificação a ser aplicada durante as fases de comissionamento de plantas industriais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O comissionamento industrial é um processo cuja finalidade é garantir que uma unidade ou instalação opere de acordo com os requisitos normativos e de projeto, incluindo atividades de planejamento, documentação, programação, teste, ajuste, verificação e treinamento. O objetivo principal do comissionamento é assegurar que a instalação esteja pronta para operar de maneira segura, eficiente e dentro dos parâmetros estabelecidos.

O comissionamento consiste em realizar inspeções iniciais e testes na planta industrial. Os equipamentos, os sistemas e as instalações devem ser inspecionados e testados durante a fabricação e a instalação. Em muitos casos são necessários múltiplos ajustes ao longo do curso de fabricação e da instalação para garantir a conformidade do equipamento com as instalações. (CCPS, 2014)

Analisando a estrutura de gestão de segurança de processos baseado em risco do CCPS, sigla para o Centro para Segurança de Processos Químicos (*Center for Chemical Process Safety*), o comissionamento está dentro da base de Gestão de Risco, tendo correlação com os pilares de Integridade de Ativos e Confiabilidade e de Prontidão Operacional, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Estrutura de gestão de segurança de processos e correlação com comissionamento

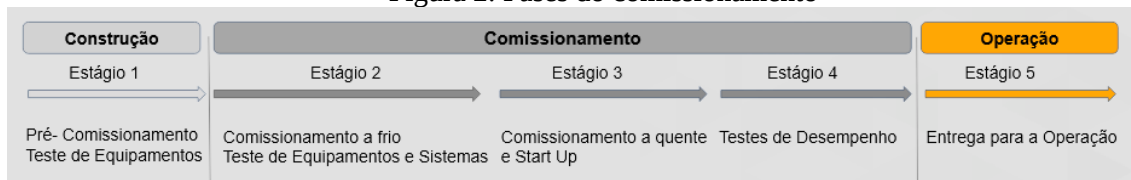


Fonte: Adaptado de CCPS, 2014 *apud* Castilho e Godoy, 2020.

2.1 ETAPAS DO COMISSIONAMENTO

Uma visão mais atual das fases do comissionamento, conforme praticado por empresas que atuam neste segmento, pode ser vista na Figura 2 e são detalhadas a seguir.

Figura 2: Fases do comissionamento



Fonte: Adaptado de SGS, 2018.

O estágio 1 é chamado de construção, que se inicia com o desenvolvimento e revisão dos procedimentos e normas aplicáveis ao processo de comissionamento, sendo necessário estabelecer diretrizes claras e garantir a conformidade com os padrões estabelecidos. Tem-se também nesta etapa a definição dos pacotes de comissionamento e agrupamento das diferentes atividades necessárias para garantir o funcionamento adequado do empreendimento.

Ainda nesta fase é recomendado que os envolvidos realizem uma Análise de Perigos e Operacionalidade (HAZOP), avaliem o Nível de Integridade de Segurança (SIL) dos sistemas de proteção e conduzam uma Análise de Camada de Proteção (LOPA), caso haja a necessidade. O gerente de comissionamento deve se familiarizar com os estudos de segurança planejados para diferentes etapas do projeto, e é aconselhável viabilizar treinamentos para membros da equipe de comissionamento que necessitem de orientação específica ou atualização de conhecimentos, quando for necessário. (KILLCROSS, 2021).

No estágio 2 tem-se o comissionamento a frio e testes de equipamentos e sistemas, quando geralmente estão envolvidas atividades destinadas a verificar e ajustar as condições operacionais dos equipamentos, sistemas ou processos. Nesta fase deverá ser avaliada a correta montagem das instalações conforme projeto e o acompanhamento dos testes específicos de cada equipamento, conforme especificações do fabricante e normas.

No estágio 3 ocorre o comissionamento a quente e *Start Up* para garantir que atendam aos requisitos de desempenho. Há a verificação e ajuste da calibração de instrumentos, com medições precisas e confiáveis, aplicação de cargas reais ou simuladas para verificar a resposta do sistema em condições de operação normais, a verificação e ajuste da sincronização entre os componentes, garantindo que os sistemas possam operar

de maneira estável e sustentável ao longo do tempo, identificando e resolvendo problemas que possam surgir durante a inicialização ou operação normal.

O estágio 4 é uma etapa de preparação para partida de equipamentos e sistemas na qual se realizam testes funcionais de componentes e equipamentos, testes de malhas, testes de intertravamento lógico e testes de desempenho garantindo que todos os componentes e sistemas estejam prontos para operar de maneira segura e eficiente. É necessário realizar testes para verificar se os sistemas de segurança, como sistemas instrumentados de segurança (SIS), respondem adequadamente a emergências. Ao final dessa etapa, a constatação do perfeito funcionamento e os resultados dos testes dos grupos de equipamentos, linhas e sistemas devem ser formalizados.

E encerrando as fases do comissionamento está o estágio 5, que se refere a uma etapa específica em que a instalação ou sistema é operado sob supervisão direta e monitoramento contínuo dos engenheiros de comissionamento ou técnicos especializados. Esta etapa ocorre após a conclusão bem-sucedida das etapas anteriores de comissionamento e antes da transição final para a operação normal.

Durante esta operação assistida, a equipe de comissionamento assume o controle do sistema para realizar testes operacionais em condições mais próximas das operações normais. Nesta etapa ocorrem os treinamentos para os engenheiros e operadores do proprietário e a entrega definitiva dos dossiês e *data-books* de comissionamento, garantindo que a documentação necessária à operação e à manutenção, bem como o sistema de gestão da manutenção, estão disponíveis ao usuário final. (SGS, s.d.)

Deve haver procedimentos que orientem os testes e as atividades de inspeção, sendo eles a base para a criação dos procedimentos operacionais que irão seguir com a instalação.

Ainda, a colaboração interdisciplinar é um processo fundamental para o comissionamento voltado para a segurança de processos, devendo haver uma colaboração estreita entre engenheiros de processo, engenheiros de instrumentação, profissionais de segurança e outros especialistas, e para metodologias utilizadas na análise de risco.

Devem ser realizadas auditorias de segurança regularmente para garantir que os sistemas e procedimentos continuem atendendo aos padrões de segurança após a fase de comissionamento, colaborando na redução de falhas na fase de mortalidade infantil das instalações, conforme definida no conceito de curva da banheira.

2.2 METODOLOGIAS UTILIZADAS NA ANÁLISE DE RISCO DE COMISSIONAMENTO

O HAZOP trata-se de uma metodologia de análise qualitativa com o propósito de identificar os perigos existentes e a operabilidade, de forma a adequar o processo e os sistemas antes de serem implementados na planta industrial. Esta metodologia identifica os riscos, suas causas e consequências, porém só pode ser aplicada a partir do momento em que se dispõe dos fluxogramas de processo. Desta forma, é importante ressaltar que o HAZOP não é a única técnica que pode ser aplicada, sendo uma ferramenta muito eficaz para abranger as etapas de análise de segurança de processos. (CCPS, 2023)

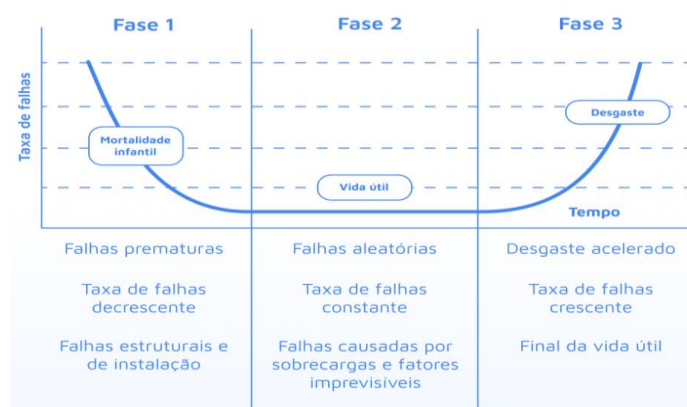
Já a metodologia LOPA, ou Análise de Camadas de Proteção, é uma ferramenta semiquantitativa de avaliação de riscos que busca analisar se as Camadas de Proteção Independentes, as IPLs, que são dispositivos, sistemas ou ações apresentadas para impedir que uma suposta sequência de acidentes tenha uma conclusão definida e indesejável, são eficazes e suficientes para reduzir o risco ao processo, principalmente através da diminuição da frequência de ocorrência para um nível de tolerância aceitável. (CCPS, 2021)

Para ser realizada, a equipe deve estar munida de documentos de referência como fluxogramas de engenharia, análises de riscos, fluxogramas de processo, plantas, folhas de dados, entre outros. Em seguida, são listados os cenários de riscos previamente identificados por uma técnica qualitativa de avaliação de riscos, como o HAZOP, e os desvios de processo, sendo então identificadas as suas causas iniciadoras. Por meio de uma matriz de tolerabilidade de riscos da empresa, é determinada a severidade desses cenários em relação à segurança pessoal, patrimônio e continuidade operacional, meio ambiente e danos à imagem da companhia. As frequências dos cenários podem ser referenciadas em tabelas históricas de indústrias de processo. Se o risco for considerado não tolerável ou moderado durante a análise, listam-se as IPLs aplicáveis para mitigação das causas iniciadoras até que o risco seja considerado tolerável. Por fim, o grupo descreve recomendações, ações e observações aplicáveis à análise daquele desvio.

2.3 CURVA DA BANHEIRA

Dentro dos conceitos de confiabilidade de equipamentos e instalações, a curva da banheira (Figura 3) é uma representação gráfica onde se expressa o comportamento das falhas durante a vida útil de equipamentos ou instalações de acordo com o tempo.

Figura 3: Curva da Banheira.



Fonte: FRACTTAL, 2023.

Ao partir uma planta industrial, ou seja, após seu comissionamento, inicia-se a fase de mortalidade infantil, onde as taxas de falha costumam ser mais altas. Uma alta taxa de falha pode ser atribuída a defeitos de fabricação, falhas de *design* negligenciadas durante a fase de desenvolvimento, ou simplesmente a instalação incorreta do equipamento. (FRACTTAL, 2023)

Nesta fase inicial de operação, os componentes frágeis falham, mas são geralmente identificados e corrigidos rapidamente. Com isso, a taxa de falhas diminui, resultando em um sistema mais estável e confiável ao longo do tempo. (FRACTTAL, 2023)

2.4 HISTÓRICO DE ACIDENTES RELACIONADOS À FASE DE COMISSIONAMENTO

Durante a fase de comissionamento de uma unidade industrial, alguns tipos de acidentes podem acontecer relacionados a diferentes causas básicas. Como se trata de uma fase do projeto que envolve realização de testes, inspeções e ajustes nos sistemas antes deles operarem, a segurança é um fator crítico e cada nova etapa deve ser bem planejada para prevenir e controlar os riscos existentes. Pode-se citar, por exemplo, riscos relacionados a vazamento de fluidos, incidentes elétricos, queda de objetos, entre outros.

Ao longo do tempo, aconteceram diferentes acidentes relacionados a comissionamento em diferentes indústrias.

Dois acidentes ocorridos devido a falhas no comissionamento e partida foram destacados em um alerta de segurança da NOPSEMA (2021). No primeiro, um desligamento do processo levou ao aumento de pressão em uma tubulação com consequente perda de hidrocarbonetos, sem a ocorrência de incêndio ou vítimas. Tal

evento foi causado pela instalação de várias juntas que não atendiam às especificações das tubulações, das quais duas falharam. No outro acidente, ocorrido numa sala de geradores de uma embarcação e sem vítimas, a linha de combustível de um gerador ocasionou um vazamento em forma de névoa, a qual entrou em contato com uma superfície quente e gerou um pequeno incêndio em poça, o qual foi debelado com extintores portáteis. Neste evento, mangueiras incorretas haviam sido instaladas em uma linha do sistema. Em ambas as ocorrências, foram observados fatores causais como falhas no controle de qualidade e na verificação do comissionamento dos equipamentos, inclusive nos testes de estanqueidade, além de desconhecimento da tripulação sobre as especificações detalhadas do sistema e falha no processo de transferência das equipes de construção e instalação para a equipe de operações.

No Brasil, um dos mais recentes e marcantes incidentes foi em uma unidade de produção da indústria de óleo e gás, especificamente no FPSO Cidade de São Mateus, em 11 de fevereiro de 2015. Neste evento, ocorreu um vazamento de condensado dentro da casa de bombas da unidade, e pouco mais de uma hora depois ocorreu uma explosão, cujas consequências resultaram na morte de 9 pessoas, 26 feridos e danos à instalação. A investigação do evento por diferentes partes trouxe à tona diversas falhas ocorridas nas fases da vida útil daquela unidade, sendo identificadas algumas causas básicas relacionadas ao comissionamento do FPSO.

Segundo a análise do acidente do FPSO CDSM realizada pela ANP (2015), algumas causas básicas estavam ligadas à operação da bomba de *stripping*, ou de deslocamento positivo, que permitia a transferência de carga entre tanques do FPSO. Uma das falhas ocorreu quanto à ausência da informação do número de *strokes* — ou golpes — por minuto da bomba em operação, a qual devia ser apresentada na tela do sistema supervisor conforme previsto em projeto. Essa informação permitiria que os operadores tivessem certeza de que a bomba já estaria completamente parada quando houvesse ajuste na abertura da válvula de vapor que alimentava o seu funcionamento, sendo uma medida direta indicativa do seu deslocamento. No entanto, evidências mostraram que o sistema de controle de carga e lastro não foi comissionado adequadamente, e essa informação sobre os *strokes*/minuto nunca esteve disponível na sala de controle para os operadores de marinha da unidade. Com isso, a condição operacional da bomba era inferida através de medidas indiretas do seu deslocamento, sendo elas o percentual de abertura da válvula de controle de vapor e valor de pressão de descarga, o que levou à falha de interpretação dos operadores de marinha. Este é um exemplo do não atendimento a critérios de projeto

e boas práticas de engenharia na construção e instalação da plataforma e que deveriam ter sido observados no seu comissionamento.

Pode-se destacar também falhas na integração das equipes de operação com o projeto e análises de risco do FPSO CDSM, já que recomendações previstas no HAZOP para o cenário de operação com válvula fechada na descarga de bomba de *stripping* não foram seguidas, tal como a necessidade de se ter um operador presente na casa de bombas enquanto este equipamento estivesse sendo utilizado. Por si só, mesmo que tivesse sido cumprida, essa salvaguarda também era inadequada, visto que expunha o trabalhador a riscos em caso de falhas nos equipamentos e sistemas críticos ali utilizados, os quais eram antigos e não foram trocados durante a conversão do então navio petroleiro para uso como plataforma. (ANP, 2015)

Por fim, houve um problema relacionado à instalação de uma raquete no sistema de armazenamento de carga da plataforma, sendo ele a falta do certificado de isolamento mecânico e a não atualização do P&ID, cujo fluxograma de tubulações não passou por revisão e aprovação *as built* — conforme construído — após a mudança, levando à dificuldade de entendimento da situação durante a emergência. Faltavam também procedimentos operacionais críticos que deveriam auxiliar os operadores no dia a dia, o que acabou levando à utilização inadequada do sistema da bomba de *stripping* de forma recorrente desde o início das operações da instalação, inclusive evidenciado por diversas vezes nos dias que antecederam o acidente. (ANP, 2015)

Casos como estes mostram que ainda existem falhas graves cometidas recentemente relacionadas ao processo de comissionamento, seja devido a causas no próprio processo de construção e instalação, como outras relacionadas à gestão de riscos nestas unidades. Essas falhas deveriam ser capturadas e corrigidas durante a fase do comissionamento e *ramp-up* — fase inicial da produção — das unidades, o que pode ser facilitado com uso de listas de verificação.

No alerta da NOPSEMA (2021) são apresentadas algumas lições aprendidas que são comuns aos eventos detalhados e também devem ser seguidas pelas indústrias de processo, tais como:

a) inspeções de controle de qualidade nas fases de instalação e comissionamento devem garantir que equipamentos e seus componentes atendam às especificações de projeto;

b) operadores devem garantir que fornecedores entreguem documentações e especificações e que essas sejam incorporadas em projetos e procedimentos de comissionamento;

c) quando possível, as forças de trabalho de comissionamento e operações devem ser integradas à fase de construção da instalação e envolvidas em verificações de qualidade na fase de completção mecânica dos sistemas;

d) a equipe de operações deve ser envolvida o mais cedo possível no projeto para melhorar a conscientização e familiarização com as instalações e sistemas.

A aprendizagem com o histórico de incidentes e acidentes em prol da melhoria contínua na segurança pode ser também complementada com lições resultantes de processos de auditorias, sejam elas internas ou realizadas por órgãos regulatórios.

2.5 COMISSIONAMENTO NOS RELATÓRIOS DE SEGURANÇA OPERACIONAL DA ANP

Ao examinar os relatórios operacionais de segurança operacional da ANP, é possível observar que o tópico de comissionamento tem sido abordado com maior frequência nos documentos produzidos a partir de 2020. Isso indica uma crescente atenção a esse tema nos últimos anos.

Nos documentos analisados, o comissionamento é discutido nos contextos das auditorias pré-operacionais, integrando-se às avaliações voltadas à segurança operacional. Essas auditorias visam identificar potenciais condicionantes inseguras durante a fabricação e montagem de unidades de produção, antes mesmo do início da produção de óleo.

Essa ênfase no comissionamento surge em resposta a um elevado número de desvios críticos identificados tanto na fase de projeto quanto na etapa de comissionamento de instalações em operação. Dentre esses desvios, destacam-se problemas como sistemas de segurança subdimensionados, não comissionamento de equipamentos críticos, ausência de instalação de proteções passivas contra incêndio (PPCI), não implementação de recomendações de estudos de risco de projeto, localização inadequada da planta de detecção de fogo & gás (F&G) em relação ao estudo inicial, entre outros. (ANP, 2023)

É relevante ressaltar também as falhas nos testes de aceitação de sistemas críticos de segurança operacional, deficiências sistêmicas na gestão de pendências de comissionamento, falta de implementação de alterações propostas na fase de projeto, negligência na definição de premissas para estudos de risco, insuficiência na

demonstração de recursos de resposta a emergências e omissão na implementação de recomendações decorrentes de incidentes.

Essas constatações foram extraídas de lições aprendidas em auditorias pré-operacionais, sobretudo do Anexo 2 da Nota Técnica 40/2022/SSM/ANP-RJ (ANP, 2022), visto na Figura 4, que destaca a Prática de Gestão N° 10, abordando projeto, construção, instalação e desativação. Esse destaque ressalta a necessidade de resolver todas as pendências impeditivas ao comissionamento antes do início da operação, incluindo a assinatura de formulários de *handover*, termos de transferência e aceitação de sistemas (TTAS), comissionamento efetivo de equipamentos, elaboração de relatórios de análise crítica da aplicabilidade, e a realização de testes de aceitação de performance (TAP) para sistemas críticos, verificando sua conformidade com as especificações projetadas.

Figura 4: Condicionantes do Anexo 2 da Nota Técnica 40/2022/SSM/ANP-RJ.

Apresentação das evidências do atendimento de todas as pendências impeditivas apresentadas pela classificadora e do termo de aceitação preliminar para o <i>start up</i> (1° óleo)	10
Evidência de assinatura de todos os formulários de <i>hand over</i> dos sistemas e subsistemas necessários para o <i>start up</i> da unidade, a saber: Completação Mecânica/Pré-Comissionamento, Pré-Comissionamento/ Comissionamento e Comissionamento/ Operação para os sistemas passíveis de comissionamento e reativação;	10
Evidência de assinatura de todos os Termos de Transferência e Aceitação de Sistema (TTAS), ou Termo de Responsabilidade Operacional (TRO), quando aplicável, e seus respectivos anexos, dos sistemas e subsistemas necessários para as etapas “SAIL AWAY”, “ANCORAGEM” e “PRIMEIRO ÓLEO”, conforme previsto na planilha de controle de assinaturas de TTAS, além de tratamentos para pendências relacionadas ao TTAS e apresentação de planos de ação com respectivos prazos para os termos com status de “assinados com CPA” ou não assinados.	10
Adequação das salas com inundação de CO ₂ aos requisitos da filosofia de segurança de projeto e da NFPA 12.	10
Instalação e controle de todas as válvulas travadas abertas (<i>locked-open</i>), fechadas (<i>locked-closed</i>) e DCBI (dispositivo contra bloqueio inadvertido) dos sistemas necessários para o “1º óleo”, bem como evidenciar a execução do plano de isolamento dos sistemas não necessários ao “1º óleo”.	10
Evidência de que as pendências impeditivas relacionadas aos requisitos da norma NR-13 foram atendidas.	10
Evidência de comissionamento e teste do sistema de detecção de fogo e gás da unidade, incluindo a verificação do adequado posicionamento dos sensores quanto às coordenadas cartesianas, azimute e <i>pitch</i> , quando aplicável.	10
Antes do início da operação, remover <i>spools</i> removíveis, verificar posição e bloqueio de válvulas, isolamentos positivos e elétricos e raqueteamento nas tubulações de sistemas comissionados que serão utilizadas no processo.	10

Fonte: ANP, 2022.

Os relatórios destacam ainda que, entre os testes de aceitação, o teste molhado do sistema de dilúvio merece especial atenção, pois é recorrente a apresentação de resultados com valores inferiores aos requisitos estabelecidos no projeto. Ressalta-se, como lição aprendida em incidentes de grande escala, a importância de evitar que problemas durante as fases de construção, comissionamento e instalação progridam para a fase operacional.

Conforme indicado no relatório da ANP (2022), em todas as unidades submetidas às auditorias pré-operacionais foram identificados problemas relacionados ao comissionamento do sistema de combate a incêndio por CO₂ (dióxido de carbono). Este dado é notável, especialmente considerando a ampla utilização desse sistema e sua relevância em situações de perda de contenção e incêndio.

Nos documentos analisados, destaca-se a assertiva de que, para que as auditorias sejam abrangentes e completas, a maioria dos sistemas da instalação deve estar comissionada, atingindo aproximadamente 80%. Esse requisito possibilita a realização de testes amostrais durante as ações de fiscalização, destacando a crucial importância do comissionamento para a segurança dos processos e a autorização segura para a operação da unidade. Para tal, além desta visão baseada em conformidade, é imprescindível estar adequado às exigências normativas conforme regulamentação vigente.

2.6 REGULAMENTAÇÃO SOBRE COMISSIONAMENTO NO BRASIL

No Brasil, uma das principais normas aplicadas a comissionamento é a ABNT NBR 16315:2014, que estabelece requisitos técnicos a serem adotados na relação entre o cliente e os prestadores de serviços (fabricantes e executor) para as atividades de instalação e comissionamento de máquinas. Esta norma abrange equipamentos industriais como: bombas, compressores, turbinas, sopradores, ventiladores, motores (combustão interna, elétricos, hidráulicos), geradores, agitadores, entre outros. (ABNT, 2014)

Dentre outras normas existentes aplicadas ao comissionamento de equipamentos e a indústrias específicas, destaca-se também a ABNT NBR IEC 62337:2020, que, entre outros assuntos, detalha as fases e marcos específicos para o comissionamento de sistemas elétricos, de instrumentação e de controle de processos industriais. Esta norma aborda explicações e assuntos gerais e traz procedimentos recomendados para cada etapa. Dentre os anexos, são apresentados uma lista de documentos importantes para as fases de pré-comissionamento e comissionamento, descrição de atividades para essas fases, modelos de certificados de completação mecânica e de aceitação da instalação e ainda

itens específicos de projeto a serem discutidos entre as empreiteiras e o proprietário da instalação. (ABNT, 2020)

Embora a Norma Regulamentadora nº 13 (BRASIL, 2022) não se dedique explicitamente ao tema do comissionamento, há diversos pontos nela que podem ser associados às etapas comumente utilizadas nesse processo. Por se tratar de uma norma regulamentadora com força de lei, estabelecida para garantir a segurança dos usuários de caldeiras e vasos de pressão, ela abrange todas as exigências essenciais para assegurar a integridade e segurança desses equipamentos, condicionando a inspeção de segurança e a operação.

É possível identificar na NR-13 diversos pontos que indicam que um comissionamento bem executado contribui para a operação estável, confiável e segura de instalações industriais. Embora a norma tenha ênfase na gestão da integridade, operação e manutenção, o item 13.3.12 estipula que caldeiras e vasos de pressão fabricados em série devem ser certificados no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade. No item 13.3.13, é proibida a utilização desses equipamentos sem a indicação do respectivo código de construção no prontuário e na placa de identificação, destacando a importância do rastreio da fabricação. (BRASIL, 2022)

O item 13.4.1 especifica condições necessárias para identificar o fabricante, número de série, ano de fabricação e outras características dos equipamentos, indicando a preocupação com informações cruciais sobre fabricação e testes iniciais, correlacionando-se aos testes de funcionamento realizados na fase de pré-comissionamento. Essa abordagem é reforçada no item 13.4.4.2, que destaca a inspeção de segurança inicial em caldeiras novas antes do início da operação no local definitivo, incluindo exame interno, externo e teste de pressão. Essas observações se aplicam igualmente aos vasos de pressão e tubulações, abrangendo todos os requisitos da norma.

Ao tratar de tanques metálicos de armazenamento, o item 13.7.3.1 enfatiza a necessidade de inspeções de segurança inicial, complementando a abordagem da norma visando garantir a segurança abrangente em todas as fases dos equipamentos nas etapas pós-fabricação até a sua operação. (BRASIL, 2022)

Dessa forma, o comissionamento emerge como uma fase crítica no ciclo de vida de instalações industriais, representando um processo sistemático que visa assegurar que os sistemas e componentes de uma planta estejam operando de acordo com os requisitos especificados, o que pode ser garantido com o apoio de listas de verificação como a que é apresentada na seção de resultados e discussão.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para este estudo teve, de forma geral, caráter exploratório e qualitativo com análise através de estudos de caso. Buscou-se inicialmente pesquisar bibliograficamente o tema de comissionamento de plantas industriais, passando por referências conceituais estabelecidas como CCPS (2014), normativas como ABNT (2014 e 2020), assim como buscar práticas atuais do mercado como SGS (s.d. e 2018). Realizou-se também a coleta de informações sobre acidentes e auditorias com falhas relacionadas a comissionamento, tais como ANP (2015 e 2023) e NOPSEMA (2021). A partir da análise crítica e identificação desses conhecimentos, complementados por outros advindos de experiências profissionais do presente grupo de trabalho, realizou-se a construção de uma lista de verificação a ser aplicada nas diferentes fases do comissionamento, sendo apresentada em forma de quadro na seção de resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No contexto das operações industriais, garantir a segurança dos processos é uma prioridade fundamental. A implementação de medidas proativas, como a utilização de listas de verificação, desempenha um papel crucial nesse cenário, assegurando que todas as etapas necessárias de um processo ou tarefa sejam cumpridas de maneira sistemática e completa, atuando na padronização de processos, prevenção de erros, facilitando treinamentos, aumentando a eficiência, verificando documentações e conformidades, além de ser um agente de melhoria contínua. Devido a sua versatilidade, é importante a validação da lista de verificação de acordo com o processo específico em que será aplicada, direcionando seu conteúdo às particularidades do processo a ser comissionado.

Acredita-se que a aplicação desta lista seja uma ferramenta essencial para avaliar as diversas etapas do comissionamento. Ao empregar essa abordagem de forma sistemática e cuidadosa, objetifica-se garantir que todas as precauções necessárias estejam sendo tomadas para assegurar ambientes de trabalho seguros. Este trabalho explora a importância da utilização da lista de verificação nas etapas de comissionamento com foco na prevenção de acidentes, na promoção de práticas seguras, na eficiência operacional e na conformidade regulatória. Desta forma, foi elaborada uma lista de verificação para ser aplicada nas etapas do comissionamento, cujo resultado é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Lista de verificação para fase de pré-comissionamento.

LISTA DE VERIFICAÇÃO PARA AS ETAPAS DO COMISSIONAMENTO				
A. Pré-Comissionamento - Teste de Equipamentos				
Item	Descrição	Sim	Não	NA
A.1	Revisado o memorial descritivo para garantir que as descrições dos equipamentos e sistemas correspondam aos itens físicos.			
A.2	Revisado os relatórios de testes de integridade estrutural dos equipamentos para garantir que todos os testes de fábrica tenham sido realizados conforme necessário.			
A.3	Revisado os relatórios do estudo HAZOP (Análise de Perigos e Operabilidade) para identificar os itens levantados e garantir que as recomendações ou ajustes sugeridos tenham sido implementados.			
A.4	Revisado o memorial de cálculo para garantir que todos os cálculos de engenharia relacionados aos equipamentos tenham sido realizados corretamente.			
A.5	Revisado o projeto de combate a incêndio e avaliado se está compatível com as necessidades previstas no HAZOP.			
A.6	Revisado todos os certificados e testes de instrumentos, garantindo que todas as obrigações legisladas foram cumpridas.			
A.7	Verificada a identificação (<i>tags</i>) de todos os equipamentos, associando a sua documentação e garantindo histórico e rastreabilidade das informações dos ativos.			
A.8	Verificadas todas as sinalizações especificadas, garantindo que foram instaladas conforme previsto em projeto.			
B. Comissionamento a frio - Teste de Equipamentos e Sistemas				
Item	Descrição	Sim	Não	NA
B.1	Capacitação e treinamento: equipe de montagem, elétrica e automação foram capacitados conforme indicação do fornecedor da tecnologia.			
B.2	Todos os equipamentos e sistemas foram instalados corretamente, de acordo com os desenhos e especificações de engenharia (As Built).			
B.3	Verificação de conexões: garantido que todas as conexões elétricas, mecânicas e de tubulação estão corretamente conectadas e apertadas.			
B.4	Testes hidrostáticos de tubulações e vasos de pressão: respeitadas as orientações dos fabricantes.			
B.5	Testes de alinhamento: verificado se os equipamentos estão corretamente alinhados e nivelados para garantir o funcionamento adequado.			

B.6	Testes de funcionamento básico: equipamentos operam conforme esperado quando ligados pela primeira vez (testes de ligar/desligar, ajuste de configurações básicas, etc.)			
B.7	Testes de instrumentação: verificada a instalação correta e o funcionamento dos instrumentos de medição, como medidores de pressão, temperatura e fluxo, e que estão fornecendo leituras precisas.			
B.8	Testes de intertravamento: sistemas de intertravamento entre os diferentes equipamentos e sistemas estão funcionando corretamente para garantir a segurança e a integridade do processo.			
B.9	Testes de alarmes e segurança: sistemas de alarme estão configurados corretamente e os protocolos de segurança são ativados conforme necessário.			
B.10	Realizada simulação de falta de utilidades (energia, vapor, produto, etc).			
B.11	Realizada simulação dos planos de contingência e barreiras de proteção.			
B.12	Revisadas todas as modificações concluídas e aprovadas pelas autoridades competentes.			

C. Comissionamento a quente e start up

Item	Descrição	Sim	Não	NA
C.1	Testes de vazamento: realizados testes de vazamento em sistemas de tubulações, válvulas e equipamentos.			
C.2	Testes de pressão: verificados os sistemas que operam sob pressão, se estão funcionando corretamente e podendo manter a pressão necessária conforme especificado.			
C.3	Testes de fluxo e carga: verificados os sistemas de fluxo de fluidos, se estão funcionando corretamente e podem lidar com as cargas previstas.			
C.4	Testes de ciclo de energia e emergência: testados os sistemas de energia de <i>backup</i> e os procedimentos de emergência que garantam que estejam prontos para serem ativados quando necessário.			
C.5	Testes de comunicação: testada a comunicação entre os diferentes sistemas automatizados, como PLCs (Controladores Lógicos Programáveis), SCADA (<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>), sistemas de controle distribuído, entre outros.			
C.6	Testes nos equipamentos: garantido que não criam emissões ou qualquer outro subproduto que possa impactar o meio ambiente.			

D. Testes de desempenho				
Item	Descrição	Sim	Não	NA
D.1	Testes de simulação de falhas: realizados os testes de simulação de falhas que garantem que os sistemas respondem adequadamente a situações de emergência ou falha.			
D.2	Testes de operação contínua: verificado se os equipamentos podem operar continuamente por períodos prolongados sem falhas ou problemas significativos.			
D.3	Testes de performance: avaliado o desempenho dos equipamentos e sistemas em condições operacionais reais, incluindo a medição de parâmetros como temperatura, pressão, fluxo, etc.			
D.4	Testes de estabilidade e segurança: verificado se os equipamentos e sistemas podem manter operações estáveis e seguras durante períodos prolongados sob carga total.			
D.5	Testes de emissões e descargas: avaliadas as emissões atmosféricas, efluentes líquidos e outras descargas ambientais dos equipamentos e sistemas para garantir que estejam dentro dos limites regulamentares.			
D.6	Testes de performance do produto: avaliadas a qualidade e as características do produto final produzido pelos equipamentos e sistemas em condições operacionais reais.			
D.7	Testes de resposta a emergências: simulados os cenários acidentais para verificar a capacidade dos sistemas de segurança e de resposta a emergências de lidar com essas situações adequadamente.			
D.8	Treinamento operacional: fornecido treinamento operacional aos operadores para garantir que possam operar os equipamentos e sistemas de forma segura e eficaz durante a operação normal. Os registros de treinamento da equipe estão preenchidos e armazenados adequadamente no banco de dados.			
E. Entrega para a operação				
Item	Descrição	Sim	Não	NA
E.1	Inspeção final: realizada uma inspeção final de todos os equipamentos, sistemas e instalações para garantir que estejam em conformidade com os padrões e especificações exigidos.			
E.2	Testes de aceitação: realizados testes de aceitação para confirmar que todos os sistemas e equipamentos atendem aos critérios de desempenho especificados no escopo do projeto.			
E.3	Procedimentos operacionais: revisados e finalizados os procedimentos operacionais para cada sistema e equipamento, incluindo procedimentos de partida, parada, operação normal e procedimentos de emergência.			
E.4	Procedimentos de manutenção: revisados e finalizados os procedimentos de manutenção preventiva e corretiva para garantir			

	que o equipamento seja mantido de acordo com as melhores práticas e recomendações do fabricante.			
E.5	Testes de backup e redundância: verificado se todos os sistemas de <i>backup</i> e redundância estão funcionando corretamente e podem ser ativados conforme necessário.			
E.6	Planos de operação e contingência: finalizados e revisados os planos de operação e contingência para garantir que a equipe esteja preparada para lidar com qualquer situação imprevista que possa surgir durante a operação.			
E.7	Documentação e registros: entregues os registros detalhados de todos os testes realizados, resultados obtidos e problemas identificados, bem como as ações corretivas tomadas.			
E.8	Entrega dos procedimentos operacionais padrão para equipe de operação e folha de ação após alarme.			
E.9	Entrega da lista de verificação de conformidade de equipamentos críticos devidamente concluída.			
E.10	Entrega dos planos de emergência específicos e procedimentos para falhas em equipamentos relevantes.			

Fonte: Elaboração própria.

Assim, a utilização de uma lista de verificação geralmente tem início na fase que antecede o processo de comissionamento, ocorrendo entre a instalação dos equipamentos e o início efetivo das operações. Nesta etapa, os componentes da planta são avaliados quanto à sua adequação mecânica e conformidade com os projetos e demais documentos, como fluxogramas e memoriais descritivos. Essa lista é uma parte especializada do processo de comissionamento, onde cada componente é preparado para a fase subsequente sob o controle da equipe de gestão.

Na prática, as fases do processo de comissionamento raramente apresentam fronteiras tão nítidas. Em geral, a aplicação da lista de verificação ocorre na fase inicial da construção e se estende até a aceitação do projeto. Ela pode abranger testes de desempenho específicos e está principalmente voltada para componentes individuais da planta, especialmente aqueles considerados críticos, seja em termos de segurança de processos, relevância operacional ou complexidade técnica.

O pré-comissionamento, por sua vez, é destinado a preparar a fábrica para a introdução dos materiais de processo, visando eliminar potenciais problemas que poderiam surgir durante fases mais críticas da operação da planta. A lista de verificação é uma ferramenta essencial nesse contexto, assegurando que as especificações do projeto tenham sido rigorosamente atendidas.

Após a conclusão dessas verificações, é comum que o gestor do comissionamento reúna as equipes de comissionamento e operação para detalhar a sequência de procedimentos e atribuir responsabilidades específicas. Nessa fase do projeto, a comunicação eficaz entre os envolvidos, incluindo o gerente, torna-se crucial para o sucesso da empreitada.

Para validar a eficácia da lista de verificação, foram correlacionados alguns dos elementos identificados como causas do acidente no FPSO CDSM com os itens listados no Quadro 1, que contém a lista de verificação para a fase de comissionamento. No Quadro 2, é mostrado como a aplicação dessa lista durante o processo de comissionamento poderia ter ajudado a identificar problemas que viriam a ser causas básicas do acidente.

Quadro 2: Lista de verificação associada ao acidente do FPSO Cidade de São Mateus.

LISTA DE VERIFICAÇÃO ASSOCIADA AO ACIDENTE DO FPSO CIDADE DE SÃO MATEUS		
Validação da lista de verificação com associação dos itens às causas do acidente		
Item	Lista de verificação	Causas básicas do acidente do FPSO CDSM
	Descrição	Descrição
B.2	Todos os equipamentos e sistemas foram instalados corretamente, de acordo com os desenhos e especificações de engenharia (As Built).	Problema relacionado à instalação de uma raquete no sistema de armazenamento de carga da plataforma. A falta do certificado de isolamento mecânico e a não atualização do P&ID, cujo fluxograma de tubulações não passou por revisão e aprovação <i>as built</i> .
C.5	Testes de comunicação: testada a comunicação entre os diferentes sistemas automatizados, como PLCs (Controladores Lógicos Programáveis), SCADA (<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>), sistemas de controle distribuído, entre outros.	Operação da bomba de <i>stripping</i> , ou de deslocamento positivo. Uma das falhas ocorreu quanto à ausência da informação do número de <i>strokes</i> — ou golpes — por minuto da bomba em operação, a qual devia ser apresentada na tela do sistema supervisor conforme previsto em projeto.
E.8	Entrega dos procedimentos operacionais padrão para equipe de operação e folha de ação após alarme.	Falhas na integração das equipes de operação com o projeto e análises de risco conforme recomendações previstas no HAZOP. Para o cenário de operação com válvula fechada na descarga de bomba de <i>stripping</i> .

Fonte: Elaboração própria com base em dados de ANP (2015).

Desta forma, com o uso de listas de verificação como a que foi elaborada e apresentada neste item, as equipes operacionais podem ter a oportunidade de restaurar

uma ou mais barreiras de segurança que podem evitar eventos acidentais. As conclusões para este e os demais objetivos deste trabalho são apresentados a seguir.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho objetivou sintetizar as boas práticas de segurança de processos ao comissionamento de plantas industriais de diversos setores por meio da elaboração de uma lista de verificação, com a finalidade de impedir as falhas e otimizar a eficiência operacional.

Os objetivos específicos definidos neste trabalho foram atingidos, uma vez que foram enaltecidos os princípios das fases do comissionamento e a relação com a segurança de processos, assim como foi realizado um estudo de caso com análise de falhas e as não conformidades identificadas em relatórios de acidentes e auditorias de órgãos reguladores.

Além disso, foi elaborada uma lista de verificação baseada nas etapas do comissionamento destacando a integridade dos equipamentos, sistemas, instalações e capacitação das pessoas envolvidas, permitindo que o trabalho contribua para que a planta seja entregue à operação em condições adequadas e seguras. Essa lista de verificação serve como parâmetro inicial de itens importantes a serem verificados durante as fases do comissionamento de plantas industriais.

Destaca-se a importância da elaboração da lista de verificação, a fim de estabelecer que itens fundamentais sejam verificados antes da partida de uma planta industrial, criando barreiras adicionais e objetivando que cada etapa seja bem planejada, prevenindo e/ou mitigando os riscos existentes e o potencial de ocasionar acidentes ou incidentes de processos.

Para uma melhor aplicabilidade, entende-se que em pesquisas futuras é pertinente a realização da apuração dos resultados obtidos através da aplicação da lista de verificação, e assim ser possível uma averiguação da aderência e constatação se de fato essa criação trouxe contribuição para a segurança de processo.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16315: Instalação e comissionamento de máquinas**. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 62337: Comissionamento de sistemas elétricos, de instrumentação e de controle de processos industriais - Fases e marcos específicos.** Rio de Janeiro, 2020.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Nota Técnica nº 40/2022/SSM/ANP-RJ.** 2022. Disponível em: https://sei.anp.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?9LibXMqGnN7gSpLFOOgUQFziRouBJ5VnVL5b7-UrE5RxfZjiXis5yHCZyL4GBX1Mxqu9PQXE_l_wDm6h7dZPGQcw6k6Mnwtk46G7BEH2ITRv8L54xl-IaYvGNtxAFw1r. Acesso em: 01 fev. 2024.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Relatório de Investigação do Incidente de Explosão ocorrido em 11/02/2015 no FPSO Cidade de São Mateus.** 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/incidentes/relatorios-de-investigacao-de-incidentes-1/arquivos-relatorios-de-investigacao-de-incidentes/fpso-cidade-de-sao-mateus/relatorio-de-investigacao-fpso-cidade-de-sao-mateus.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2024.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Relatório Anual de Segurança Operacional das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural 2022.** 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/arq/raso/2022-relatorio-anual-seguranca-operacional.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR-13 – Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento.** Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-13-atualizada-2022-retificada.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2024.

CASTILHO, Daniel L.; GODOY, Vitor P. de. **Gestão de Segurança de Planta Piloto de Produtos Amiláceos.** Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2020. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/13462/1/DLCastilho.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2024.

CCPS - CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. **Análise de camada de proteção:** avaliação simplificada do risco de processo. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2021. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 02 fev. 2024.

CCPS - CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. **Diretrizes para elaborar procedimentos para avaliação de perigos.** 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2023. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 24 jan. 2024.

CCPS - CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. **Diretrizes para segurança de processos baseada em risco.** 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 05 jan. 2024.

FRACTTAL. **O que é a Curva da Banheira?** 2023. Disponível em: <https://www.fracttal.com/pt-br/manutenpedia/o-que-e-a-curva-da-banheira>. Acesso em: 01 jan. 2024.

KILLCROSS, Martin. **Chemical and Process Plant Commissioning Handbook: A Practical Guide to Plant System and Equipment Installation and Commissioning.** 2nd ed. Butterworth-Heinemann, 2021.

NOPSEMA - NATIONAL OFFSHORE PETROLEUM SAFETY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AUTHORITY. **Safety Alert 04, Incidents – Start Up and Commissioning**. 2021. Disponível em: <https://www.nopsema.gov.au/sites/default/files/documents/2021-03/Alert04.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2024.

SGS. **Comissionamento - O que é preciso saber? Uma discussão conceitual sobre comissionamento e suas aplicações**. 2018. Disponível em: <https://www.sgs.com/-/media/sghcorp/documents/corporate/brochures/sgh-ind-commissioning-pt-brazil.cdn.pt-BR.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2024.

SGS. **O que você precisa saber sobre comissionamento industrial**. s.d. Disponível em: <https://www.sghgroup.com.br/pt-br/campaigns/comissionamento-industrial>. Acesso em: 01 jan. 2024.