



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Cintya Luana de Oliveira Moura

**DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO NORMATIVO PARA O
GERENCIAMENTO DE BARREIRAS DE SEGURANÇA OPERACIONAL EM
INSTALAÇÕES DE PETRÓLEO E GÁS**

MOSSORÓ-RN

2025

Cintya Luana de Oliveira Moura

**DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO NORMATIVO PARA O
GERENCIAMENTO DE BARREIRAS DE SEGURANÇA OPERACIONAL EM
INSTALAÇÕES DE PETRÓLEO E GÁS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Barbosa Rios

MOSSORÓ-RN

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M931d Moura, Cintya Luana.
DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO NORMATIVO PARA
O GERENCIAMENTO DE BARREIRAS DE SEGURANÇA
OPERACIONAL EM INSTALAÇÕES DE PETRÓLEO E GÁS /
Cintya Luana Moura. - 2025.
38 f. : il.

Orientador: Rafael Barbosa Rios.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Química, 2025.

1. Barreiras de segurança. 2. Segurança de
processo. 3. Elementos Críticos. 4. Auditoria de
barreiras. 5. Indústria do petróleo e gás. I.
Barbosa Rios, Rafael, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da Instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Cintya Luana de Oliveira Moura

**DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO NORMATIVO PARA O
GERENCIAMENTO DE BARREIRAS DE SEGURANÇA OPERACIONAL EM
INSTALAÇÕES DE PETRÓLEO E GÁS**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

Defendida em: 17 / 12 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafael Barbosa Rios (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. David Custódio de Sena (UFERSA)
Membro Examinador

Rútilo Pereira Silva (PetroReconcavo)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente e principalmente, a Deus. Meu melhor amigo e companheiro que jamais me abandonou em meio a tantos percalços que surgiram nessa caminhada. Tudo que fiz foi com Ele e por Ele, para viver uma missão que está além do que posso imaginar.

A minha mãe Francisca Gomes e aos meus irmãos Caio Cesar e Samuel Bruno, que nunca mediram esforços para me apoiar nessa caminhada árdua, que investiram tudo que tinham pela minha educação e acima de tudo foram meus maiores incentivadores. Essa conquista não é só minha, mas é por vocês também.

Ao meu pai Manoel Moura e minha avó Nilda Dias, que se fizeram presentes durante quase toda minha caminhada, que sonharam com esse dia e hoje não podem mais se fazer presente fisicamente. Esse sonho também é de vocês e por vocês.

A meu namorado, Caio, por todo o apoio, compreensão e incentivo ao longo desta jornada. sou profundamente grata por cada gesto de cuidado, pelo entusiasmo em acompanhar meu progresso e por acreditar em mim mesmo quando eu duvidava.

A meu orientador Rafael Barbosa Rios, que foi de verdade um “orientador”, que várias vezes não poupou seus esforços para me auxiliar com minhas dúvidas e sempre fez o melhor para o andamento do trabalho. Que todos um dia possam ter um orientador igual a você.

Agradeço a minha equipe de SEPRO/Projetos, Tiago, Glaice e Jerffeson e também a tantos outros que participaram da minha jornada até aqui, gratidão por confiarem em mim, na minha dedicação e por me acompanharem na realização de tantos sonhos. Vocês são nota mil.

Aos meus amigos, que dividiram comigo risadas, desabafos, incentivos e silêncios necessários, deixo meu sincero agradecimento. Vocês tornaram os momentos difíceis mais suportáveis e celebraram comigo cada conquista ao longo dessa trajetória. Sou grata por cada gesto de apoio e pela amizade verdadeira.

Agradeço igualmente ao PRH 55.1 pelo apoio e financiamento desse trabalho.

EPÍGRAFE

"Tudo que é seu chegará até você,
não por acaso, mas pelos planos de Deus."

Santa Teresinha do Menino Jesus

RESUMO

A indústria de petróleo e gás opera em um contexto de riscos significativos, nos quais falhas em sistemas de segurança podem resultar em acidentes de grande severidade. Nesse cenário, o gerenciamento de barreiras de segurança operacional assume papel fundamental para a prevenção de eventos indesejados e mitigação de suas consequências. Este trabalho tem como objetivo analisar, sistematizar e documentar o gerenciamento de barreiras de segurança operacional em instalações de produção de petróleo e gás, fundamentando-se em uma revisão técnico-normativa abrangente. Foram utilizadas como principais referências as diretrizes do Center for Chemical Process Safety (CCPS), International Association of Oil & Gas Producers (IOGP), American Petroleum Institute (API) e regulamentações da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A metodologia adotada consistiu em revisão bibliográfica e normativa, seguida da organização e interpretação dos conceitos para estruturação de um procedimento normativo aplicável ao contexto industrial. Como resultados, o estudo apresentou um modelo estruturado composto pelas etapas de mapeamento de barreiras, classificação e elaboração da Lista de Elementos Críticos (LEC), definição de critérios de desempenho, auditoria e avaliação de conformidade, gestão de degradação e contingenciamento, além do estabelecimento de indicadores de desempenho e mecanismos de melhoria contínua. O trabalho evidenciou a convergência entre requisitos nacionais e práticas internacionais, destacando a importância de sistemas de gestão baseados em risco, governança operacional e uso de indicadores proativos e reativos. Conclui-se que o gerenciamento sistematizado de barreiras contribui significativamente para o fortalecimento da segurança de processo, redução do risco residual e aumento da confiabilidade operacional. O procedimento desenvolvido neste estudo representa uma ferramenta de apoio à gestão e pode servir como referência para aprimoramento de práticas existentes na indústria de petróleo e gás.

Palavras-chave: Barreiras de segurança; Segurança de processo; Elementos Críticos; Auditoria de barreiras; Indústria do petróleo e gás.

ABSTRACT

The oil and gas industry operates in a high-risk environment, in which failures in safety systems may lead to severe accidents and major operational, environmental and social impacts. In this context, the management of safety barriers plays a fundamental role in preventing hazardous events and mitigating their consequences. This study aims to analyze, systematize, and document the management of operational safety barriers in oil and gas production facilities, based on a comprehensive technical and regulatory review. The research was grounded on the guidelines of the Center for Chemical Process Safety (CCPS), the International Association of Oil & Gas Producers (IOGP), the American Petroleum Institute (API), and the regulatory framework established by the Brazilian National Petroleum Agency (ANP). The methodology consisted of literature and regulatory review, followed by the organization and interpretation of concepts to structure a normative procedure applicable to industrial practice. As a result, the study proposes a structured model comprising the stages of barrier mapping, classification and development of a Critical Elements List (LEC), definition of performance criteria, auditing and compliance assessment, degradation and contingency management, as well as performance indicators and mechanisms to support continuous improvement. The results demonstrate convergence between national regulations and international best practices, reinforcing the relevance of risk-based management systems, operational governance and the combined use of reactive and proactive indicators. It is concluded that a systematic approach to barrier management significantly strengthens process safety, reduces residual risk and enhances operational reliability. The procedure developed in this study provides managerial support and may serve as a reference for improving existing practices in the oil and gas industry.

Key words: Safety barriers; Process safety; Critical elements; Barrier audit; Oil and gas industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pilares e elementos associados que constituem o sistema de gestão RBPS.....	15
Figura 2 – Modelo do Queijo Suíço.	17
Figura 3 – Análise de Riscos <i>Bow tie</i> com exemplos de barreiras.	19
Figura 4 – Modelo da casca de cebola das barreiras de segurança.....	20
Figura 5 – Fluxograma de Gerenciamento de Barreiras de uma unidade.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição da barreira de acordo com sua disponibilidade.....	32
---	----

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivos Gerais	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Gestão de Segurança de Processos Baseada em Risco	15
3.2 Perigo e Risco	16
3.3 Modelo do Queijo Suíço	17
3.4 Barreiras de Segurança	18
3.5 Normas, Regulamentações e Referências Aplicáveis ao Gerenciamento de Barreiras.....	21
4. METODOLOGIA.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1. Mapeamento de Barreiras de Prevenção e Mitigação.....	25
5.2. Classificação das Barreiras e Elaboração da Lista de Elementos Críticos (LEC)	26
5.3. Definição de Critérios de Desempenho das Barreiras	28
5.4. Classificação da Disponibilidade das Barreiras.....	30
5.5. Gestão de Degradação e Indisponibilidade de Barreiras	32
5.6. Indicadores de Desempenho e Melhoria Contínua	34
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

Perigo é uma condição física ou química, inerente ao processo, que tem o potencial de causar danos ao meio ambiente, à sociedade ou às instalações. Essa condição deve ser identificada, estudada e gerenciada por meio de Estudos de Análises de Riscos (EARs) para que sejam evitados acidentes de pequeno, médio ou grande porte. Por isso, todas as empresas devem se atentar à importância do Gerenciamento de Segurança dos Processos.

O Gerenciamento de Segurança de Processo é amplamente reconhecido pelas reduções no risco de acidentes graves e pela melhoria no desempenho da indústria de processo. Práticas de segurança de processo e sistemas formais de gerenciamento de segurança já existem em algumas empresas há muitos anos (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 2023).

No contexto da Segurança de Processos, destaca-se o conceito de gerenciamento de barreiras. Essas barreiras são projetadas para prevenir o início de um evento ou mitigar suas consequências. A gestão dessas barreiras envolve sua identificação, monitoramento contínuo de desempenho e manutenção da sua integridade, assegurando que as camadas de proteção estejam sempre ativas e eficazes quando solicitadas.

A indústria de petróleo e gás lida intrinsecamente com perigos significativos, como a alta inflamabilidade e toxicidade dos hidrocarbonetos, operações sob altíssimas pressões e temperaturas, e processos quimicamente complexos. Qualquer perda de contenção pode iniciar eventos perigosos como incêndios, explosões e vazamentos tóxicos, tornando a gestão proativa das barreiras não apenas uma boa prática, mas um requisito fundamental para a segurança operacional e a sustentabilidade do processo.

A urgência de um gerenciamento de barreiras estruturado é evidenciada pelo histórico de acidentes na indústria de óleo e gás. Eventos catastróficos como o da plataforma Piper Alpha no Mar do Norte em 1988, que resultou em 167 fatalidades, e a explosão da plataforma Deepwater Horizon no Golfo do México em 2010, que causou 11 mortes e um dos maiores desastres ambientais da história, são exemplos trágicos de falhas sequenciais em barreiras de segurança. No Brasil, o acidente com a plataforma P-36 da Petrobras em 2001, que levou à morte de 11 trabalhadores e ao seu naufrágio, reforça a realidade dos riscos presentes. Esses eventos demonstram como falhas em barreiras técnicas, humanas e organizacionais podem escalar para consequências devastadoras (ANP, 2001).

Além do reconhecimento do papel essencial das barreiras na prevenção e mitigação de eventos de segurança de processo, destaca-se a necessidade de estruturar o gerenciamento dessas barreiras de acordo com referências técnicas consolidadas em nível nacional e

internacional. Nesse contexto, este trabalho fundamenta-se em uma revisão técnico-normativa abrangente, contemplando diretrizes do Center for Chemical Process Safety – CCPS, International Association of Oil & Gas Producers – IOGP, American Petroleum Institute – API e regulamentações da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, de modo a evidenciar claramente a origem de conceitos, classificações e práticas descritas ao longo do estudo. Assim, o trabalho não se limita a descrever uma prática operacional, mas estrutura-se como uma revisão normativa aplicada, demonstrando a aderência do gerenciamento de barreiras às melhores práticas e requisitos regulatórios vigentes na indústria de petróleo e gás.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Analisar, sistematizar e documentar o gerenciamento de barreiras de segurança operacional em instalações de produção de petróleo e gás, com base em revisão normativa e técnica fundamentada em referências nacionais e internacionais reconhecidas na área.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão das principais normas, regulamentações e diretrizes técnicas relacionadas à Segurança de Processos e ao gerenciamento de barreiras, com destaque para ANP, CCPS, IOGP e API;
- Evidenciar, ao longo do trabalho, quais conceitos, definições, classificações e práticas foram diretamente fundamentados em cada referência normativa consultada;
- Descrever a estrutura de gerenciamento de barreiras aplicada na indústria de petróleo e gás, destacando suas etapas, critérios de desempenho, mecanismos de auditoria, gestão de degradação e indicadores de desempenho;
- Demonstrar como os requisitos normativos são incorporados na prática operacional, reforçando a importância do gerenciamento sistematizado de barreiras para a redução do risco residual e fortalecimento da segurança de processo.

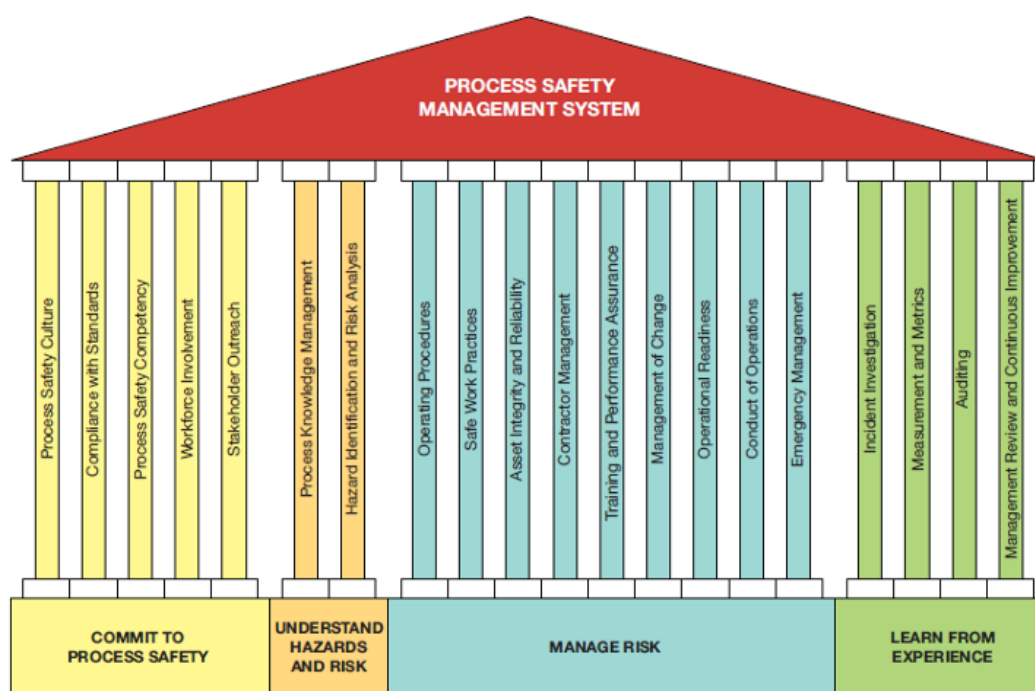
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Gestão de Segurança de Processos Baseada em Risco

A Gestão de Segurança de Processos (*Process Safety Management – PSM*) é uma disciplina crítica na indústria de Petróleo e Gás, focada na prevenção de eventos catastróficos, como grandes vazamentos, incêndios ou explosões. O modelo mais influente e amplamente adotado nessa área é o Segurança de Processo Baseada em Risco (*Risk-Based Process Safety – RBPS*), desenvolvido pelo Center for Chemical Process Safety (CCPS), uma diretoria tecnológica do American Institute of Chemical Engineers (AIChE).

O CCPS, fundado em 1985, estabeleceu-se como uma autoridade global, fornecendo diretrizes de consenso para que as empresas possam ir além da simples conformidade regulatória, direcionando seus recursos para onde o risco é mais significativo (CCPS, 2023). O modelo RBPS é construído sobre 20 elementos divididos em quatro pilares interconectados, que representam os blocos fundamentais para a gestão eficaz sustentável da segurança de processo. Na Figura 1, é possível observar a representação desse sistema.

Figura 1 – Pilares e elementos associados que constituem o sistema de gestão RBPS.



Fonte: CCPS, 2021.

3.2 Perigo e Risco

No contexto da Segurança de Processo (SEPRO), a distinção entre Perigo e Risco é a base para a implementação de sistemas de gerenciamento eficazes. Conforme o Center for Chemical Process Safety (CCPS), o Perigo é definido como a característica física ou química inerente a um material, sistema ou processo que possui o potencial de causar danos a pessoas, à propriedade ou ao meio ambiente (CCPS, 2021). Em uma instalação de produção de óleo e gás, o perigo pode ser, por exemplo, a presença de fluidos inflamáveis ou a operação em condições extremas de temperatura e pressão.

O Risco, por sua vez, é o conceito utilizado para medir e gerenciar esse potencial de dano. O CCPS (2021) define o risco como a combinação da probabilidade (ou chance) de um evento indesejado ocorrer e a severidade de suas consequências. Diferentemente do perigo, que é uma característica constante do sistema, o risco é uma medida dinâmica que varia conforme a eficácia das barreiras de segurança presentes.

Diante da presença de perigos significativos e riscos inerentes às operações de exploração e produção, torna-se essencial a adoção de metodologias estruturadas de análise de risco. Os EAR consistem em processos sistemáticos destinados a identificar perigos, avaliar riscos e definir medidas para preveni-los ou mitigá-los. Conforme estabelece o CCPS, tais análises permitem compreender os cenários de perda de contenção, falhas em sistemas críticos, eventos iniciadores e potenciais consequências, servindo como base para decisões operacionais e para o planejamento de barreiras (CCPS, 2021).

Existem diversas metodologias utilizadas para análise de risco na indústria de petróleo e gás, cada uma com objetivos e profundidades distintas. Entre as mais aplicadas, destacam-se:

- HAZOP (Hazard and Operability Study): método estruturado e detalhado que analisa desvios de processo, suas causas e possíveis consequências.
- APR (Análise Preliminar de Riscos): método de identificação de perigos e avaliação de riscos, com imputação de recomendações.
- What-If Analysis: abordagem qualitativa baseada em questionamentos hipotéticos sobre falhas potenciais.
- Árvore de Falhas (Fault Tree Analysis – FTA): técnica dedutiva que busca identificar causas combinadas de falhas indesejadas.

A combinação das classificações de severidade e frequência dos cenários resultam em uma matriz de risco que tem seus quadrantes divididos em cenários com riscos toleráveis, não toleráveis e não moderados, comumente denominados de ALARP (*As low as reasonably*

practicable) que representa o ponto de combinação entre o nível do risco e o sacrifício associado às medidas para reduzi-lo.

3.3 Modelo do Queijo Suíço

O Modelo do Queijo Suíço (Swiss Cheese Model) é uma representação fundamental na área de segurança de processo (SEPRO) utilizada para ilustrar como os acidentes raramente são resultado de uma única falha, mas sim de uma coincidência de múltiplos eventos ou falhas. Este modelo foi originalmente proposto pelo psicólogo britânico James T. Reason em 1990 (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2021)

Esse modelo relaciona os buracos de diferentes tamanhos nas camadas do queijo suíço com as fraquezas ou “furos” das barreiras. Quando esses furos se alinham, acontece um acidente, podendo haver consequências críticas. A Figura 2 representa o modelo proposto por James, ilustrando como o perigo atravessa os furos das barreiras preventivas até que ocorra um evento de perda de contenção primária e, caso o perigo ainda supere as barreiras mitigadoras, um acidente pode acontecer.

Figura 2 – Modelo do Queijo Suíço.



Fonte: Petrobras (2019).

3.4 Barreiras de Segurança

A definição conceitual de barreira é feita em consonância com a Nota Técnica 04 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), no contexto da Segurança Operacional. Segundo a Nota Técnica 04 de 2022 produzida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2022), uma Barreira é definida como um conjunto de mecanismos físicos (hardware) e procedimentos administrativos cuja principal função é prevenir a ocorrência de um evento indesejado (ameaça), limitar suas consequências ou recuperar o estado seguro após um evento iniciador, também podendo ser chamado por “controle” ou “salvaguarda”.

As barreiras podem ser de diferentes tipos, como barreiras físicas, barreiras humanas e barreiras procedurais. As barreiras físicas correspondem a equipamentos, hardware e sistemas projetados para atuar de forma automática ou passiva, independentemente da intervenção humana. Exemplos incluem Válvulas de Segurança (PSV), Sistemas de Fechamento de Emergência (ESD), Diques de Contenção, etc.

As barreiras humanas correspondem às ações e decisões tomadas por indivíduos, sejam eles operadores, técnicos ou equipes envolvidas no processo, que visam controlar o risco. Incluem o desempenho de tarefas críticas, a aderência a procedimentos, a vigilância nas atividades e a resposta a emergências.

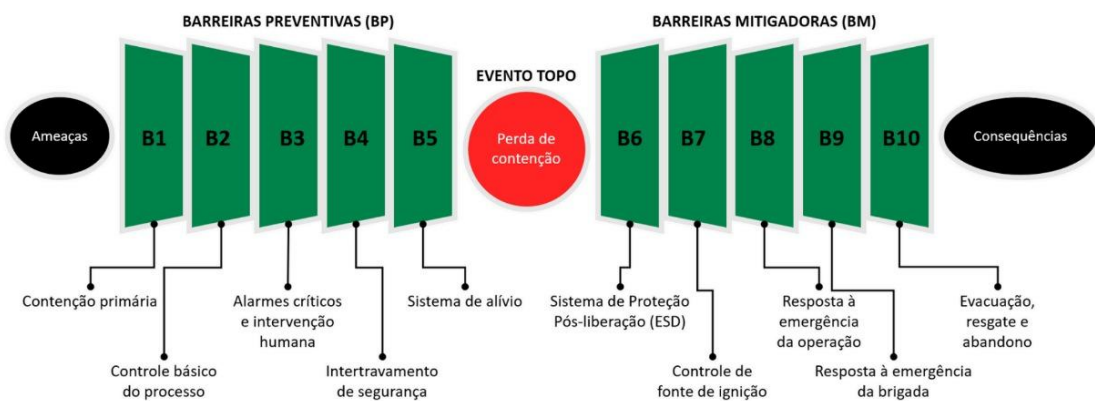
Barreiras organizacionais correspondem aos sistemas de gestão, procedimentos, treinamentos internos, auditorias e cultura de segurança que garantem a eficácia e a confiabilidade das barreiras técnicas e humanas, sendo a cultura de segurança o elemento mais crítico para as atividades cotidianas. A cultura de segurança visa instruir a força de trabalho para que as barreiras físicas sejam projetadas, geridas e mantidas corretamente, bem como os procedimentos sejam aderidos rigorosamente. Em indústrias de alto risco como a de Petróleo e Gás, onde as falhas técnicas e humanas podem ter consequências catastróficas, a cultura de segurança é o fator que previne a falha sistêmica.

As barreiras podem ser consideradas como elementos críticos quando atendem aos critérios definidos pelo Operador, em conformidade com o Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO). Essas barreiras são aquelas essenciais para a prevenção ou mitigação de eventos indesejados ou que, em caso de falha, possam provocar um acidente operacional.

De acordo com as diretrizes internacionalmente reconhecidas do Center for Chemical Process Safety (CCPS) e da International Association of Oil & Gas Producers (IOGP), as

barreiras podem ser agrupadas em duas categorias principais: barreiras preventivas e barreiras mitigadoras (CCPS, 2021; IOGP, 2018). Essa diferenciação é ilustrada na Figura 3, que se assemelha a um diagrama do tipo *Bow tie*, método de análise de risco que representa o evento topo e suas barreiras preventivas e mitigadoras.

Figura 3 – Diagrama do tipo *Bow tie* com exemplos de barreiras preventivas e mitigadoras.



Fonte: Adaptado de PETROBRAS (s.d.).

As barreiras preventivas são salvaguardas projetadas para impedir que uma ameaça evolua para o evento topo, isto é, o cenário principal de perda de controle do processo. Seu objetivo é atuar antes que o evento ocorra, interrompendo a progressão da causa iniciadora ou impedindo a sua escalada.

Segundo o CCPS (2021), uma barreira preventiva eficaz deve ser capaz de, de forma independente:

- Prevenir a ocorrência da ameaça, controlando ou eliminando a causa iniciadora do evento;
- Evitar que a ameaça evolua para o evento topo, impedindo que o desvio no processo atinja níveis críticos.

Exemplos típicos de barreiras preventivas incluem sistemas de controle automático, procedimentos operacionais adequados, treinamento de operadores, inspeções e manutenção preventiva, válvulas de alívio primário e monitoramento de parâmetros críticos do processo.

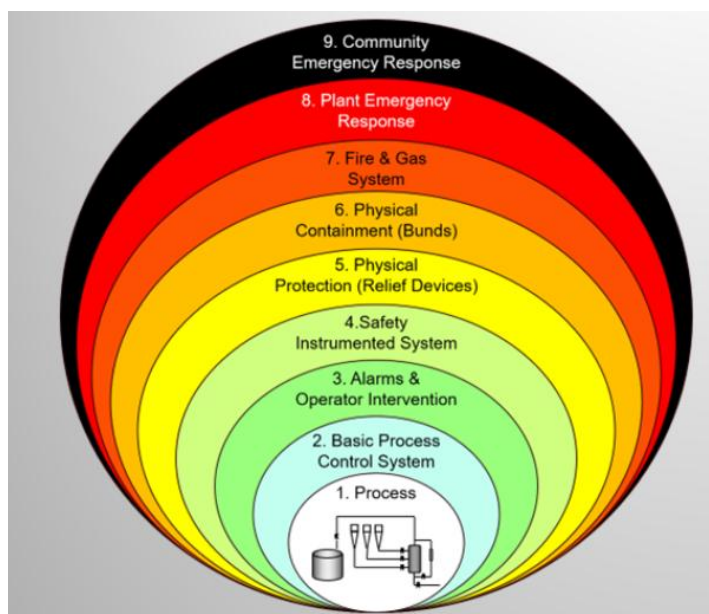
As barreiras mitigadoras atuam após a ocorrência do evento topo, com o objetivo de reduzir a severidade das consequências e limitar o impacto sobre pessoas, instalações e meio ambiente. Diferentemente das barreiras preventivas, que atuam sobre causas, as mitigadoras atuam diretamente no controle ou contenção das consequências.

Essas barreiras podem atuar de duas formas:

- Reduzindo a probabilidade de ocorrência da consequência, como no caso de sistemas de controle de fontes de ignição;
- Reduzindo a magnitude da consequência, por meio de mecanismos de detecção, resposta automática e ações de emergência, como sistemas de detecção de gás e fogo, alívio, sistemas fixos de combate a incêndio e planos de resposta a emergências.

Conforme destaca o IOGP (2018), a eficácia das barreiras mitigadoras depende não apenas de sua confiabilidade técnica, mas também da rapidez de atuação, cobertura adequada e integração com sistemas de resposta e evacuação. abaixo apresenta-se outro exemplo que representa as salvaguardas (barreiras) mitigadoras e preventivas, esse modelo é comumente chamado na literatura de SEPRO, como casca de cebola, pela semelhante das camadas das barreiras com as camadas de uma cebola.

Figura 4 – Modelo da casca de cebola das barreiras de segurança.



Fonte: LinkedIn, 2023¹

As primeiras camadas 1 e 2 representam as proteções para um sistema inerentemente seguro composto pelo sistema de controle básico do processo. As camadas 3, 4 e 5 atua como barreiras preventivas do processo, atuando antes do evento acontecer e quando essas camadas

¹Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/layer-protection-process-industry-gaurav-singh-rajpuri/>; Acesso em nov. 2025.

não são suficientes, as camadas 6, 7, 8 e 9 atuam como camadas mitigadoras, reduzindo as consequências do evento.

3.5 Normas, Regulamentações e Referências Aplicáveis ao Gerenciamento de Barreiras

O gerenciamento de barreiras de segurança operacional em instalações de produção de petróleo e gás é sustentado por um conjunto de normas, diretrizes e requisitos regulatórios que orientam a identificação, classificação, monitoramento e avaliação da eficácia dessas barreiras. A conformidade com tais instrumentos normativos é fundamental para garantir a integridade das operações, prevenir incidentes de grandes proporções e promover a melhoria contínua dos sistemas de gestão.

No âmbito internacional, destaca-se o Center for Chemical Process Safety (CCPS), cujas publicações fornecem diretrizes amplamente reconhecidas para identificação de perigos, análise de riscos, avaliação de barreiras e definição de métricas de segurança de processo. Obras como *Bow Ties in Risk Management*, *Guidelines for Risk Based Process Safety*, *Guidelines for Initiating Events and Independent Protection Layers in Layer of Protection Analysis* e *Guidelines for Process Safety Metrics* constituem referenciais importantes para compreensão e aplicação dos conceitos de barreiras, camadas de proteção e indicadores de desempenho.

Outra referência amplamente utilizada é o International Association of Oil & Gas Producers (IOGP), com destaque para o documento *Process Safety – Recommended Practice on Key Performance Indicators*. Este guia apresenta recomendações para a definição, monitoramento e interpretação de indicadores proativos e reativos de segurança de processo, elemento central para o acompanhamento da integridade das barreiras ao longo do ciclo de vida operacional.

No contexto regulatório nacional, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) estabelece um conjunto de resoluções e notas técnicas que orientam e regulam o gerenciamento de riscos e a implementação de sistemas de gestão nas instalações marítimas e terrestres. Entre os principais documentos, incluem-se a Resolução ANP nº 43/2007 (SGSO), a Resolução nº 02/2010 (RTSGI), a Resolução nº 06/2011 (RTDT), a Resolução nº 46/2016 (SGIP) e a Resolução ANP nº 851/2021, que reforçam diretrizes sobre análise de riscos, integridade de instalações e sistemas de gestão de segurança. Complementarmente, as Notas Técnicas nº 04/2022, nº 06/2023 e nº 10/2023 trazem orientações específicas relacionadas à realização de auditorias de barreiras, análises de lições aprendidas e diretrizes sobre fatores humanos, contribuindo para aprimoramentos contínuos no setor.

Por fim, o American Petroleum Institute (API) também oferece referenciais relevantes, como o API RP 754/2021, que estabelece indicadores de desempenho de segurança de processo aplicáveis a refinarias e unidades petroquímicas. Embora direcionado a um setor específico, muitos de seus princípios e métricas são aplicáveis ao ambiente offshore, especialmente no que tange à classificação de eventos de perda de contenção, falhas de barreiras e incidentes de processo.

A combinação dessas normas e diretrizes constitui o arcabouço técnico que fundamenta o gerenciamento de barreiras, estabelecendo boas práticas reconhecidas internacionalmente e garantindo maior robustez às ações de prevenção e mitigação de riscos nas operações de petróleo e gás.

4. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho baseia-se em uma abordagem qualitativa, descritiva e de caráter técnico-normativo, estruturada com o objetivo de analisar e sistematizar práticas de gerenciamento de barreiras de segurança operacional na indústria de petróleo e gás. O estudo fundamenta-se na revisão detalhada de normas, regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais amplamente reconhecidas na área de Segurança de Processos, permitindo a compreensão da base conceitual e regulamentar aplicada ao gerenciamento de barreiras.

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico abrangendo livros técnicos, artigos científicos, guias de boas práticas e documentos normativos relacionados ao gerenciamento de riscos e barreiras de segurança. Entre as principais referências consultadas destacam-se as publicações do Center for Chemical Process Safety (CCPS), que apresentam o modelo de Segurança de Processo Baseada em Risco (RBPS), metodologias de análise de risco e conceitos sobre camadas de proteção e barreiras (CCPS, 2021). Foram também analisadas as recomendações do International Association of Oil & Gas Producers (IOGP), especialmente no que se refere à definição e monitoramento de indicadores de desempenho de segurança de processo (IOGP, 2018), além das práticas recomendadas do American Petroleum Institute (API), com ênfase no API RP 754 (API, 2021), que trata da estruturação de indicadores de desempenho de segurança industrial.

Em âmbito nacional, foram estudadas as resoluções e notas técnicas da ANP relacionadas ao Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional e ao gerenciamento de barreiras, com destaque para o Regulamento Técnico do SGSO e a Nota Técnica nº 4/2022 (ANP, 2014; ANP, 2022).

As normas e guias técnicos que tratam do gerenciamento de barreiras apresentam, de modo geral, diretrizes amplas e distribuídas ao longo de diferentes documentos. Assim, o desenvolvimento do procedimento apresentado neste trabalho exigiu a identificação, extração e consolidação de requisitos normativos específicos relacionados aos critérios de desempenho, auditoria, disponibilidade e gestão de degradação das barreiras. Esse processo consistiu na análise comparativa das referências técnicas, seguida da seleção dos elementos que apresentavam convergência conceitual e relevância prática, permitindo a construção de um procedimento normativo integrado e alinhado às melhores práticas adotadas na indústria de petróleo e gás.

As informações obtidas a partir das referências bibliográficas e normativas foram organizadas, comparadas e interpretadas, com o objetivo de estruturar um procedimento

coerente e alinhado às melhores práticas reconhecidas na indústria. A análise concentrou-se na identificação das etapas que compõem o gerenciamento de barreiras, nos critérios adotados para sua classificação, nos parâmetros utilizados para avaliação de desempenho, bem como nos mecanismos de auditoria, contingenciamento e monitoramento contínuo por meio de indicadores. Dessa forma, o trabalho assume caráter de revisão técnica aplicada, ao integrar fundamentação normativa com práticas consolidadas na indústria de petróleo e gás.

Para o estabelecimento do critério de desempenho das barreiras, foi necessário extrair das diretrizes do Center for Chemical Process Safety (CCPS) e das recomendações da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) os requisitos relacionados à funcionalidade, confiabilidade e independência das camadas de proteção, originalmente apresentados de forma dispersa ao longo dos documentos. De modo semelhante, a definição dos critérios de auditoria e avaliação de conformidade baseou-se na consolidação de orientações presentes nas Notas Técnicas da ANP e nos guias do IOGP, que tratam da verificação sistemática da integridade das barreiras ao longo do ciclo operacional.

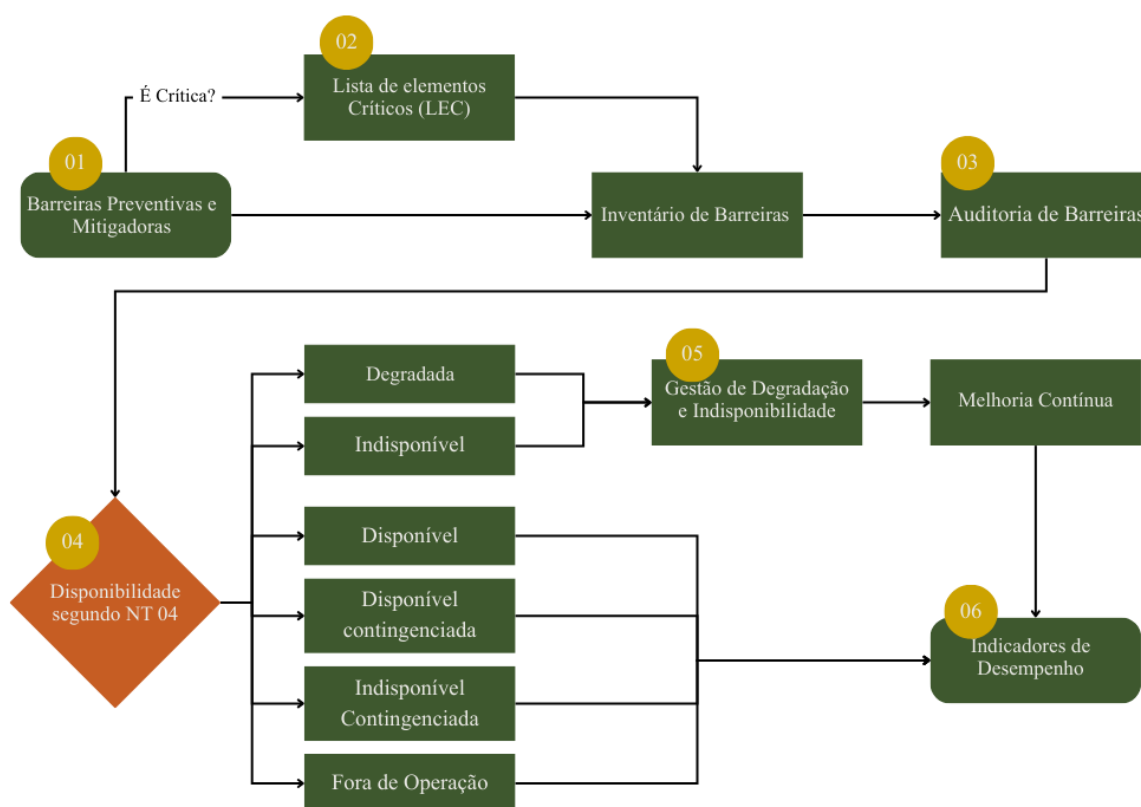
Já os critérios associados à gestão de degradação e indisponibilidade foram estruturados a partir das recomendações relativas ao gerenciamento de mudanças, resposta a desvios e avaliação do risco residual, conforme estabelecido nas publicações do CCPS e nas práticas recomendadas pelo API. Dessa forma, a metodologia adotada permitiu não apenas reunir referenciais normativos distintos, mas interpretá-los de maneira integrada, resultando em um procedimento coerente, aplicável e aderente às exigências regulatórias e às boas práticas internacionais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O procedimento a seguir descreve o sistema de gerenciamento de barreiras de segurança desenvolvido a partir de uma revisão normativa e bibliográfica de referências da literatura de Segurança de Processos. Seu objetivo é fornecer um guia padronizado para identificação, monitoramento e controle do desempenho das barreiras, assegurando a integridade do processo e a redução contínua do risco residual.

O procedimento foi estruturado em seis etapas integradas, correspondentes às fases de análise, implementação e melhoria contínua. Um esquema simplificado foi criado para demonstrar as etapas do gerenciamento e é apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de Gerenciamento de Barreiras de uma unidade.



Fonte: Autoria Própria.

5.1. Mapeamento de Barreiras de Prevenção e Mitigação

Primeiramente devem ser identificadas e extraídas das Análises e Estudos de Risco Qualitativos (APR, HAZOP, HAZID, entre outros) e Quantitativos (Estudos de explosão, Análises de Vulnerabilidade, Dispersão de Gases, entre outros), sendo elas críticas ou não. (CCPS,2018)

Um exemplo seria em um cenário de transbordo de tanque com consequência de incêndio na bacia de contenção, em que um procedimento de alinhamento de válvulas de tanque poderia ser uma barreira preventiva e como salvaguardas mitigadoras estariam a bacia de contenção dos tanques e o Plano de Resposta a Emergência da instalação que ajudariam a mitigar as consequências desse cenário.

Segundo CCPS (2018), além da lista de barreiras devem ser coletados os controles de degradação e informações pertinentes, por exemplo, se a equipe designou alguma das barreiras como contribuindo mais para a prevenção ou mitigação do que outros. As barreiras ou controles de degradação relacionados a pessoas exigem links para procedimentos específicos, treinamentos e programas de desempenho humano mais gerais.

Esse mapeamento, na indústria, deve ser realizado por meio de uma planilha ou sistema de gestão que se chama inventário de barreiras. Esse inventário deve ser onde toda e qualquer barreira do processo deve constar e é utilizado para manter uma gestão sobre a funcionalidade, integridade, confiabilidade, auditabilidade e o gerenciamento de mudanças destas, de uma forma dinâmica e contínua.

A coordenação de Segurança de Processos da instalação deve elaborar e gerenciar o Inventário de Barreiras, atualizando essa lista de acordo com os status das barreiras, bem como à atualização ou elaboração dos estudos de análise de risco das instalações da Operadora. O Inventário de Barreiras deve ser mantido como documento indispensável, atualizado sempre que houver inclusão, alteração, desativação ou degradação de barreiras. A instalação não deve operar sem que exista inventário formal aprovado pela área responsável por Segurança de Processos.

5.2. Classificação das Barreiras e Elaboração da Lista de Elementos Críticos (LEC)

Com a listagem das barreiras concluída, deve ser realizada a sua classificação em relação à criticidade, com o objetivo de identificar aquelas consideradas Elementos Críticos de Segurança Operacional. A Lista de Elementos Críticos (LEC) deve ser elaborada e revisada pela área responsável por Segurança de Processos, utilizando critérios normativos previamente definidos. Somente serão classificados como elementos críticos aqueles cuja falha seja capaz de contribuir diretamente para eventos indesejados de alto potencial.

A classificação das barreiras de segurança e a definição de elementos críticos seguem critérios estabelecidos por regulamentações nacionais e internacionais, em especial os requisitos previstos no Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional e nas orientações

técnicas da ANP referentes aos elementos críticos e gerenciamento de integridade (ANP, 2014; ANP, 2022).

A ANP (2014) classifica elemento crítico como barreiras essenciais para a prevenção e ou mitigação ou que, em caso de falha, possam provocar um acidente operacional. A literatura, considera que o termo “Elemento Crítico” inclui proteção de pessoas, meio ambiente, patrimônio e reputação, as quatro categorias de consequências mais comuns nas análises de risco. Já os órgãos regulatórios focam em cenários com consequências críticas para pessoas e meio ambiente. (CCPS, 2018)

A Nota Técnica 04/2022 (ANP) sugere que devem ser adotadas para barreiras críticas, algumas recomendações, incluindo:

“R-ADB-11-02: Verificar se a elaboração da LEC ocorreu conforme o preconizado no Procedimento de Identificação de Elementos Críticos e em Análises e Estudos de Risco Qualitativos (APR/HAZOP/HAZID) e Quantitativos (Estudos de explosão, incêndio, queda de objeto, SIL, Dispersão de Gases, entre outros). Devem ser levadas em conta as premissas adotadas e as salvaguardas consideradas nos Estudos de Risco Quantitativos visto que, eventualmente, os cenários avaliados por estes podem apresentar riscos maiores que aqueles identificados inicialmente pelas Análises Qualitativas.”

A inclusão de um elemento na LEC não pode ser arbitrária. A classificação deve estar comprovadamente fundamentada em estudos formais de risco, garantindo rastreabilidade das premissas adotadas. Segundo a literatura de CCPS (2018), a criticidade pode ser avaliada por motivos como:

- A ameaça à qual a barreira está associada possui alta probabilidade de desencadear o evento principal;
- A consequência vinculada à barreira é extremamente severa ou foi classificada como de alto risco em matriz de risco, considerando todas as ameaças avaliadas;
- O caminho apresenta risco moderado, porém conta com poucas barreiras de proteção, indicando uma defesa em profundidade limitada;
- A barreira está presente em múltiplos cenários e estudos de análise de risco, o que lhe confere relevância cumulativa;
- Há evidências de que as demais barreiras do caminho compartilham um modo de falha comum (idealmente deveriam ser independentes, mas nem sempre isso é possível na prática);

- A barreira está incluída em listas reconhecidas de sistemas críticos de segurança, publicadas como códigos ou normas de prática da indústria (por exemplo, a Norma API 521 para sistemas de alívio);
- Classificação obtida por meio de julgamento técnico de especialistas.

A vantagem de identificar barreiras de acordo com a criticidade é que isso permite uma melhor estratégia de manutenção, mais efetiva e econômica. Barreiras com alta criticidade geralmente recebem prioridade em investimento de recursos e os controles de degradação que a suportam devem ser definidos e exibidos ao longo do caminho de degradação que leva a essa barreira. Por isso, é importante que os critérios sejam bem avaliados tendo em vista que se muitos equipamentos são considerados como críticos, pode não ser possível que seja dado tratamento especial a todas as barreiras (CCPS, 2018).

O inventário de barreiras deve ser revisado/atualizado sempre que houver a inclusão de novas salvaguardas, principalmente caso haja adição de elementos críticos de segurança operacional, devido a implantação de recomendações ou a revisão dos EAR de referência da instalação, revisando-se, assim, também a LEC.

5.3. Definição de Critérios de Desempenho das Barreiras

Em seguida, cada barreira identificada deve ser avaliada e possuir critérios objetivos de desempenho, permitindo avaliar sua integridade e efetividade ao longo do tempo. Com o inventário de barreiras pronto, aplica-se o protocolo da auditoria de conformidade das barreiras, que consiste em um questionário a ser aplicado a cada barreira para analisar sua disponibilidade. A auditoria de barreiras deve ser conduzida de forma sistemática e periódica, utilizando protocolos estruturados e critérios objetivos, de modo a assegurar consistência na avaliação das barreiras ao longo do tempo.

No contexto da auditoria de barreiras de segurança operacional, a Nota Técnica nº 04/2022 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis estabelece diretrizes específicas a serem observadas em diferentes Práticas de Gestão (PG), destacando elementos que devem obrigatoriamente ser verificados para assegurar a confiabilidade das barreiras (ANP, 2022). Entre essas diretrizes, a Prática de Gestão PG 13 – Integridade Mecânica – assume papel central, uma vez que a confiabilidade das barreiras tende naturalmente à degradação ao longo do tempo. Assim, durante o processo de auditoria, deve-se verificar a existência e o devido cadastro dos Planos de Inspeção, Teste e Manutenção Preventiva (ITMP), bem como avaliar se a frequência das atividades de teste está alinhada aos requisitos estabelecidos em normas

técnicas, manuais de fabricantes e premissas adotadas nos estudos de risco, tais como análises SIL e análises quantitativas de risco.

Adicionalmente, recomenda-se avaliar a gestão de sobressalentes, levando em consideração prazos de reposição e taxas de falha dos equipamentos críticos, além de verificar a existência de mecanismos que incentivem a implementação de soluções definitivas para falhas recorrentes, evitando a dependência de ações meramente corretivas. Por último, a categoria Projeto avalia a conformidade da barreira com normas técnicas, requisitos regulatórios e melhores práticas aplicáveis ao seu projeto e finalidade. Essa verificação visa assegurar que o elemento de proteção atende aos parâmetros técnicos originalmente estabelecidos e se encontra adequado à função para a qual foi concebido.

No que se refere aos aspectos de projeto, a Prática de Gestão PG 10 recomenda que, em casos que demandem diagnósticos específicos, sejam avaliadas a conformidade dos documentos de engenharia com normas vigentes e a existência de eventuais subdimensionamentos em sistemas de segurança. Quando aplicável, deve-se ainda analisar a viabilidade de atualização de sistemas antigos, buscando alinhamento com padrões técnicos atuais, em consonância com o princípio ALARP, que orienta a redução do risco a um nível tão baixo quanto razoavelmente praticável.

Os procedimentos Operacionais também devem ser avaliados a partir do protocolo de auditorias de barreiras conforme a Nota Técnica Nº 04/2022. A avaliação contempla, inicialmente, a verificação da disponibilidade do procedimento no sistema de gestão, entendida como requisito fundamental para garantir o acesso pela força de trabalho sempre que necessário.

Outro aspecto que deve ser analisado refere-se à validade do procedimento. Para essa avaliação, considera-se o prazo estabelecido pela companhia, sendo usualmente adotado o período de dois anos para procedimentos classificados como críticos e de um ano para o Plano de Resposta à Emergência (PRE), obrigatório para toda instalação abrangida pelo RTSGI (Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade Estrutural). Procedimentos com prazo expirado são caracterizados como não conformes, uma vez que não atendem ao ciclo formal de revisão técnica e aprovação, e nesse caso, podem já não atender mais às especificidades da instalação.

Por fim, avalia-se a conformidade da matriz de treinamento associada ao procedimento auditado. Considera-se conforme apenas o procedimento cuja matriz apresenta 100% de adesão da força de trabalho, com registros que comprovem o treinamento atualizado. Procedimentos cujas matrizes resultem em percentual inferior a 100% de colaboradores treinados são

classificados como não conformes, devido ao risco de execução inadequada ou insegura decorrente de lacunas no conhecimento operacional.

A Nota Técnica 04/2022 determina que barreiras que não atendam a qualquer um dos critérios avaliados devem ser classificadas como não conformes e obrigatoriamente submetidas a avaliação de contingência e tratamento, por isso deve ser verificado também o contingenciamento da degradação/indisponibilidade da barreira, principalmente das consideradas críticas. Essa avaliação tem como objetivo assegurar que, mesmo diante de falhas, existam medidas já existentes capazes de manter o risco dentro de níveis aceitáveis.

No âmbito do parâmetro de contingenciamento, o primeiro critério analisado consiste na verificação da existência de contingência formalizada. Esse item indica se há processo de contingenciamento formalmente estabelecido para mitigar os efeitos da indisponibilidade ou degradação da barreira. Para ser considerada válida, a contingência deve garantir que o risco residual permaneça dentro do nível ALARP e estar formalmente estabelecida por meio do processo de Gestão de Mudanças, conforme os procedimentos corporativos.

Esse protocolo é respondido não somente através de uma robusta análise documental para as categorias de manutenção e projeto, mas também de visitas a campo para investigar a integridade física das barreiras por meio visual para a categoria de operação. A auditoria de barreiras deve ser realizada com a periodicidade trimestral para Barreiras Críticas e semestral para Barreiras Não Críticas.

5.4. Classificação da Disponibilidade das Barreiras

As barreiras em geral, posteriormente, devem ser classificadas de acordo com sua disponibilidade. A disponibilidade de uma barreira está relacionada à sua instalação e funcionabilidade, em conformidade com os parâmetros analisados na auditoria de barreiras (visto no tópico 5.3. Definição de Critérios de Desempenho das Barreiras), bem como à existência de contingenciamento em casos de degradação ou indisponibilidade.

A classificação deve seguir a Nota Técnica Nº 04/2022 da ANP que aborda a existência de seis especificações:

- Barreira Disponível: É a barreira projetada ou elaborada conforme as normas pertinentes, disponível fisicamente, com desempenho previsto em projeto e que é capaz de desempenhar sua função de segurança quando solicitada;
- Barreira Indisponível Contingenciada: Refere-se à barreira cuja função de segurança está indisponível devido, por exemplo, à falha de projeto, falha mecânica total ou falha

total em testes periódicos de performance. No entanto, ela possui medidas temporárias e contingenciais formalmente estabelecidas e implementadas, que são capazes de reduzir os riscos decorrentes de sua indisponibilidade a níveis aceitáveis;

- Barreira Degradada Contingenciada: Refere-se à barreira que está degradada, com sua função de segurança comprometida, devido a falha de projeto, falha mecânica parcial, ausência ou falha parcial em testes periódicos de performance, entre outras. Contudo, possui medidas temporárias e contingenciais formalmente estabelecidas e implementadas que reduzem os riscos decorrentes de sua degradação a níveis aceitáveis;
- Barreira Indisponível: Refere-se à barreira que tem sua função de segurança indisponível por falha de projeto, falha mecânica total, falha total em teste de performance, etc., e não apresenta medidas temporárias e contingenciais capazes de reduzir os riscos a níveis aceitáveis;
- Barreira Degradada: Refere-se à barreira que está degradada, com sua função de segurança comprometida por falha de projeto, falha mecânica parcial, ausência ou falha parcial em teste de performance, etc., e não apresenta medidas temporárias e contingenciais formalmente estabelecidas e implementadas capazes de reduzir os riscos decorrentes de sua degradação a níveis aceitáveis;
- Barreira Fora de Operação: Refere-se à barreira cuja função de segurança não é mais necessária, pois o equipamento ou sistema a ser protegido encontra-se fora de operação ou descomissionado, eliminando o cenário de risco para o qual foi projetada.

A relação entre a disponibilidade da barreira e o nível de risco operacional está alinhada às diretrizes estabelecidas pelas práticas recomendadas do API e pelas orientações internacionais sobre desempenho de barreiras e monitoramento de segurança de processo (IOGP, 2018; API, 2021). Toda barreira deve possuir estado de disponibilidade definido e formalmente registrado no sistema de gestão. A operação da instalação não deve prosseguir quando um elemento crítico estiver classificado como indisponível ou degradado sem contingência aprovada. No caso de ser uma barreira crítica, os status de barreira degradada e indisponível (não contingenciada) impedem a continuidade operacional do sistema, caso seja uma barreira crítica. Cada barreira, de acordo com sua disponibilidade, representa um nível de risco distinto à segurança operacional da instalação. A Tabela 1 representa o detalhamento dessa classificação.

Tabela 1 – Descrição da barreira de acordo com sua disponibilidade.

Status da barreira	Status de risco	Função de Segurança	Tipos de falha
Disponível	Risco Tolerável	Disponível quando solicitada.	Não há falha.
Fora de Operação	Risco Tolerável	Não é mais necessária uma vez que o equipamento ou sistema a ser protegido, pelo cenário de risco a qual foi projetada, encontra-se fora de operação ou descomissionada.	Não há falha.
Degradada	Risco não tolerável	Comprometida quando solicitada.	Falha de projeto, falha mecânica parcial, ausência de testes de performance, falha parcial em teste de performance, entre outras.
Degradada Contingenciada	ALARP (Risco contingenciado)	Comprometida quando solicitada, porém, contingenciada.	
Indisponível	Risco não tolerável	Comprometida quando solicitada.	
Indisponível Contingenciada	ALARP (Risco contingenciado)	Comprometida quando solicitada, porém, contingenciada.	Falha de projeto, falha mecânica parcial, ausência de testes de performance, falha parcial em teste de performance, entre outras.

Fonte: Autoria Própria.

5.5. Gestão de Degradação e Indisponibilidade de Barreiras

A obrigatoriedade de adoção de medidas de contingenciamento diante da degradação ou indisponibilidade de barreiras encontra respaldo no Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional e no RTSGL, os quais estabelecem a necessidade de ações corretivas estruturadas e temporárias para manutenção da segurança operacional (ANP, 2014). Quando não são alcançados os critérios de aceitação ou controle dos elementos críticos de segurança operacional, medidas de contingenciamento deverão ser adotadas.

Ocorrendo falha com perda parcial ou total da função de um elemento crítico de segurança operacional, e havendo a necessidade de continuidade operacional, a gerência operacional deverá realizar ações imediatas de contingenciamento, adotando medidas contingenciais temporárias que visem garantir a segurança das pessoas, da instalação e do meio ambiente, até que seja restabelecida a função do equipamento e/ou sistema, por meio do sistema de gerenciamento de mudanças.

Para o CCPS (2018), a etapa de retorno à condição original da barreira é uma etapa crucial. Isso pode envolver um reparo direto do hardware, uma revisão dos controles de degradação do procedimento ou a implementação de uma barreira de substituição caso seja difícil reparar a original. Se a classificação das barreiras críticas e não críticas tiver sido realizada, um plano de priorização baseado em risco pode ser desenvolvido para otimizar a resposta em termos de segurança e economia da instalação.

O capítulo 14 (Elementos Críticos de Segurança Operacional) do RTSGI evidencia a necessidade de implantação de medidas temporária, no qual a ANP orienta que:

“14.4 O Operador da Instalação estabelecerá procedimentos com medidas temporárias sempre que houver a falta de Equipamentos ou Sistemas Críticos de Segurança Operacional, devido à Falha, degradação ou fora de operação. Tais medidas deverão incluir, quando aplicável:

14.4.1 Implantação de controles alternativos equivalentes;

14.4.2 Redução e limitação da produção; e

14.4.3 Isolamento e parada de equipamentos, sistemas e Instalações.

14.4.4 O Operador da Instalação estabelecerá o prazo em que os procedimentos temporários serão permitidos, até que as medidas corretivas sejam tomadas.”

Toda e qualquer contingência deve ser precedida de uma análise de risco, documentada e anexada ao sistema de gestão da empresa. Em caso de contingências, deverá ser elaborada a análise de risco mediante abertura de um Processo de Gerenciamento de Mudanças, garantindo que nenhuma atividade ou modificação seja realizada e mude a efetividade daquela barreira.

Para reavaliação do risco decorrente da degradação de barreiras, recomenda-se a utilização de técnicas como a Análise de Camadas de Proteção (LOPA), conforme orientações do CCPS (2021). A avaliação do impacto do risco no LOPA deve considerar a combinação entre frequência e consequência do evento, porém desconsiderando a atuação do elemento crítico de segurança operacional.

A Nota Técnica 04/2022 (ANP) é explícita ao abordar que a contingência deverá ter um prazo determinado para sua vigência. Caso esse prazo não seja cumprido, deverá ser elaborada

ou revisada uma nova análise de risco. Além disso, deverão ser implementadas medidas compensatórias aprovadas pela gerência, com responsáveis e prazos bem definidos.

5.6. Indicadores de Desempenho e Melhoria Contínua

Por fim, devem ser elaborados relatórios e apresentações para alta gestão e à força de trabalho sobre o resultado da disponibilidade das barreiras, ações contingenciando as não conformidades encontradas e a apresentação de indicadores de desempenho. A adoção de indicadores de desempenho de segurança de processo constitui elemento central para o acompanhamento da eficácia das barreiras e para a promoção da melhoria contínua do gerenciamento de riscos na indústria de petróleo e gás.

Nesse contexto, a Nota Técnica nº 04/2022 da ANP, por meio da Prática de Gestão 6 (PG 6), estabelece que os operadores devem monitorar o desempenho das barreiras a partir de indicadores capazes de representar a condição real da instalação, apoiar a tomada de decisão e estimular ações corretivas e preventivas sempre que forem identificados desvios relevantes. Entre os requisitos previstos destacam-se: a necessidade de que os indicadores reflitam a realidade física da unidade, a verificação da existência de metas que impulsionem a melhoria contínua, a avaliação da execução de ações para manutenção dos indicadores dentro dos padrões estabelecidos, o monitoramento de falhas na demanda das barreiras e o acompanhamento do uso e duração de contingências operacionais (ANP, 2022).

Embora a norma nacional estabeleça diretrizes sobre monitoramento e governança dos indicadores, a estrutura metodológica para sua classificação e interpretação é amplamente consolidada pelos referenciais internacionais API RP 754 e IOGP 456. Ambos os documentos propõem um sistema de quatro níveis (Tiers), representado pela conhecida “pirâmide de indicadores”. Nesse modelo, os Tiers 1 e 2 correspondem a indicadores reativos, associados a eventos de perda de contenção de maior e menor severidade, respectivamente. Por sua vez, os Tiers 3 e 4 são indicadores proativos, orientados para antecipar falhas antes que ocorram eventos graves: os indicadores de Tier 3 monitoram desafios aos sistemas de segurança, como demandas em barreiras que não resultaram em acidentes significativos, enquanto os indicadores de Tier 4 avaliam a disciplina operacional, a execução de inspeções, manutenção e o desempenho do sistema de gestão que sustenta as barreiras.

A literatura técnica reforça que os Tiers 3 e 4 desempenham papel estratégico no caráter preditivo da gestão de segurança de processo, pois permitem identificar fragilidades das barreiras antes que estas resultem em perdas de contenção significativas. O IOGP 456 destaca que tais indicadores devem ser capazes de monitorar a “saúde” das barreiras e apoiar o ciclo de

melhoria contínua, alinhando-se ao princípio de que a segurança de processo não pode depender exclusivamente da análise de grandes acidentes, que são raros e retrospectivos, mas sim da observação sistemática de desvios, falhas latentes e desempenho operacional cotidiano. Por exemplo, ao realizar uma auditoria e observando o comprometimento de um dique de contenção de um tanque, em que ele ao ser solicitado não cumprirá com sua função de conter o fluido, podendo romper ou conter rachaduras que vazem o fluido, tem-se o estímulo para correção do problema sem que haja uma perda de contenção que pode gerar danos significativos ao meio ambiente, por exemplo.

A partir da integração entre as referências, compreende-se que uma estrutura robusta de indicadores deve contemplar, simultaneamente: (i) indicadores reativos associados a eventos de perda de contenção; (ii) indicadores de desempenho das barreiras diante de demandas reais; (iii) indicadores de gestão e execução de inspeções, manutenção e controle de deficiências; e (iv) indicadores relacionados à efetividade das ações corretivas, à utilização de contingências e à verificação da aderência dos resultados à condição física real da instalação. Dessa forma, recomenda-se que as empresas adotem estrutura de indicadores baseada nos níveis definidos pelo API RP 754 e pelo IOGP 456, garantindo rastreabilidade, comparabilidade e aderência às melhores práticas internacionais. (ANP, 2022; API, 2021; IOGP, 2018).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar, sistematizar e documentar o gerenciamento de barreiras de segurança operacional em instalações de produção de petróleo e gás, fundamentando-se em uma revisão técnica e normativa baseada em referências nacionais e internacionais amplamente reconhecidas. A partir dessa revisão, foi possível estruturar um procedimento normativo que contempla desde a identificação e classificação das barreiras até a definição de critérios de desempenho, gestão de degradação, classificação de disponibilidade e estabelecimento de indicadores capazes de sustentar a melhoria contínua da segurança de processo.

A revisão bibliográfica e normativa evidenciou a relevância das contribuições do Center for Chemical Process Safety (CCPS), do International Association of Oil & Gas Producers (IOGP), do American Petroleum Institute (API) e da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) na consolidação de conceitos e boas práticas aplicáveis ao gerenciamento de barreiras. Esses referenciais permitiram estruturar uma estrutura conceitual robusta, que sustenta a proposta desenvolvida neste estudo e reforça a importância de modelos de gestão baseados em risco, monitoramento contínuo e governança operacional.

Os resultados apresentados demonstram que um sistema de gerenciamento de barreiras deve, necessariamente, incorporar etapas integradas e complementares. O mapeamento e inventário das barreiras constituem a base para compreensão do contexto operacional e dos cenários de risco. A classificação de barreiras e a elaboração da Lista de Elementos Críticos (LEC) possibilitam priorização de esforços e definição clara daquelas salvaguardas cuja falha pode resultar em consequências significativas. A definição de critérios de desempenho e a execução de auditorias estruturadas garantem a avaliação periódica da integridade e funcionalidade das barreiras, enquanto o gerenciamento de degradações e contingências assegura a adoção de medidas tempestivas e fundamentadas para controle do risco residual.

Adicionalmente, destaca-se a importância estratégica dos indicadores de desempenho de segurança de processo. A utilização combinada de indicadores reativos e proativos fortalece a capacidade das organizações de identificar fragilidades, antecipar falhas e atuar preventivamente, promovendo a transição de uma gestão reativa para uma postura efetivamente proativa e orientada à excelência operacional.

Conclui-se, portanto, que o gerenciamento de barreiras de segurança operacional deve ser tratado como um processo sistemático, estruturado e continuamente aprimorado. A adoção de procedimentos baseados em normas reconhecidas e boas práticas internacionais contribui de

maneira significativa para a redução do risco residual, proteção de pessoas, instalações e meio ambiente, além de favorecer maior confiabilidade operacional. Recomenda-se, como continuidade deste estudo, a aplicação prática do procedimento proposto em unidades operacionais específicas, de modo a validar empiricamente sua eficácia e possibilitar ajustes adicionais, reforçando ainda mais sua aderência ao contexto real da indústria de petróleo e gás.

REFERÊNCIAS

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (CCPS). **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: 23 set 2025.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. **Diretrizes para segurança de processo baseada em risco**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2021. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 24 nov 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Análise do acidente com a plataforma P-36: Relatório da Comissão de Investigação ANP / DPC**. Brasília, DF: ANP; DPC, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional – SGSO**. Rio de Janeiro, 2014.

PETROBRAS. **Guia prático para elaboração de Bow Tie a partir das análises de riscos de processo**. Rio de Janeiro: Petrobras, [s.d.].

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API RP 754: Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petrochemical Industries**. 2. ed. Washington, DC, 2021.

PETROBRAS. **Manual de Fundamentos de Segurança de Processos**. 1. Ed. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Nota Técnica nº 4/2022/SSM-CSO/SSM/ANP-RJ: Metodologia para a realização de Autodiagnóstico/Auditoria de Barreiras**. Rio de Janeiro, 2022.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (CCPS). **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: 24 nov 2025.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **Process Safety – Recommended Practice on Key Performance Indicators**. London: IOGP, 2018.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (CCPS). **Bow Ties in Risk Management**. 1. ed. Nova Iorque. 2018. *E-book*. Disponível em: <https://www.perlego.com/book/993866>. Acesso em: 24 nov. 2025.