



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**PROGRAMA GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**DANIEL MESQUITA DE SOUSA**

**ACIDENTES NA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE  
BIBLIOMÉTRICA**

**FORTALEZA**  
**2023**

DANIEL MESQUITA DE SOUSA

ACIDENTES NA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE  
BIBLIOMÉTRICA

Trabalho Final de Curso apresentado no Curso de bacharelado em Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. André Casimiro de Macedo.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S696a Sousa, Daniel Mesquita de.  
Acidentes na indústria petroquímica brasileira : uma análise bibliométrica / Daniel Mesquita de Sousa. – 2023.  
71 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2023.  
Orientação: Prof. Dr. André Casimiro de Macedo.
1. Petroquímica. 2. Bibliometria. 3. Prevenção. 4. Acidentes. I. Título.

CDD 660

---

DANIEL MESQUITA DE SOUSA

ACIDENTES NA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE  
BIBLIOMÉTRICA

Trabalho Final de Curso apresentado no Curso de bacharelado em Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. André Casimiro de Macedo.

Aprovada em: 14/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. André Casimiro de Macedo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profª. Dra. Maria Valderez Ponte Rocha  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Daniel Vasconcelos Goncalves

Universidade Estadual do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Glaucia e Klecius.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por permitir que meu sonho esteja sendo alcançado, mesmo diante de todas as dificuldades.

Agradeço aos meus pais, Glaucia Moreira Mesquita de Sousa e Klecius Mesquita de Sousa, pelo amor, apoio incondicional e pela dedicação em me proporcionar uma educação de qualidade. Sem o incentivo e suporte de vocês, eu não teria alcançado esse importante marco em minha vida acadêmica.

Agradeço também ao meu irmão, Davi Mesquita de Sousa, por sempre me encorajar a buscar o melhor em todas as situações. Sua presença e apoio foram fundamentais durante toda a minha jornada acadêmica.

Não posso deixar de expressar minha gratidão à minha companheira, Suzan Stephanie Sousa Felipe, pelo amor, compreensão e paciência que ela demonstrou ao longo de todo esse período. Sua presença em minha vida foi essencial para superar os desafios e alcançar meus objetivos.

Agradeço aos professores da graduação, cujo conhecimento, experiência e dedicação foram essenciais para o meu crescimento acadêmico. Suas orientações e ensinamentos foram fundamentais para a minha formação profissional.

Em especial ao Prof. Dr. André Casimiro de Macedo, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Profª. Dra. Maria Valderez Ponte Rocha e Prof. Dr. Daniel Vasconcelos Goncalves pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Por fim, gostaria de agradecer também aos meus colegas de curso, pelos momentos de aprendizado compartilhados, pelas discussões enriquecedoras e pelo apoio mútuo ao longo dessa jornada acadêmica. Sua amizade e colaboração foram inestimáveis.

A todos que de alguma forma contribuíram para o meu desenvolvimento durante o curso, meu sincero agradecimento.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.” (MANDELA, 2003).

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise bibliométrica sobre acidentes na indústria petroquímica brasileira. Através das bases de dados da Scopus e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, foram identificados e analisados os estudos científicos e acadêmicos disponíveis sobre o tema. O objetivo foi compreender a produção científica relacionada aos acidentes na indústria petroquímica no contexto brasileiro, identificando tendências, principais autores, instituições de pesquisa e palavras-chave mais frequentes. Os resultados revelaram escassez de estudos sobre acidentes na indústria petroquímica brasileira. Foram encontrados artigos científicos, teses e dissertações abordando diferentes aspectos dos acidentes, como causas, fatores de risco, medidas de prevenção e impactos. A análise dos dados bibliométricos permitiu identificar tendências e padrões na produção científica. Foi observado um pequeno aumento do número de publicações ao longo dos anos, indicando a crescente preocupação com a segurança e prevenção de acidentes na indústria petroquímica brasileira. As palavras-chave mais frequentes encontradas nos estudos bibliométricos reforçaram os principais temas abordados, incluindo segurança industrial, análise de riscos, prevenção de acidentes, gestão de crises e aspectos ambientais. Quanto às principais áreas de pesquisa, destacaram-se estudos sobre análise de riscos, segurança operacional, gestão de crises e impactos ambientais. Essas áreas refletem a necessidade de compreender e gerenciar os riscos associados às atividades petroquímicas, buscando aprimorar a segurança dos trabalhadores, comunidades e meio ambiente. Os principais autores e instituições de pesquisa identificados demonstraram um envolvimento ainda prematuro na produção científica sobre acidentes na indústria petroquímica brasileira. Essa análise bibliométrica fornece um panorama abrangente da produção científica sobre acidentes na indústria petroquímica brasileira, permitindo uma compreensão mais aprofundada dos principais temas, tendências e contribuições nesse campo. Essas informações podem ser úteis para pesquisadores, profissionais da indústria, órgãos reguladores e demais interessados em promover a segurança e prevenção de acidentes na indústria petroquímica brasileira.

**Palavras-chave:** petroquímica; bibliometria; prevenção, acidentes.

## ABSTRACT

This paper presents a bibliometric analysis on accidents in the Brazilian petrochemical industry. Using the databases of Scopus and the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations, scientific and academic studies related to the topic were identified and analyzed. The aim was to understand the scientific production regarding accidents in the petrochemical industry in the Brazilian context, identifying trends, key authors, research institutions, and frequent keywords. The results revealed a shortage of studies on accidents in the Brazilian petrochemical industry. Scientific articles, theses and dissertations were found addressing different aspects of accidents, such as causes, risk factors, prevention measures and impacts. The analysis of bibliometric data allowed for the identification of trends and patterns in scientific production. A consistent increase in the number of publications over the years was observed, reflecting the growing concern for safety and accident prevention in the Brazilian petrochemical industry. The most frequent keywords found in the bibliometric studies reinforced the main themes addressed, including industrial safety, risk analysis, accident prevention, crisis management, and environmental aspects. Regarding the main research areas, studies on risk analysis, operational safety, crisis management, and environmental impacts stood out. These areas reflect the need to understand and manage the risks associated with petrochemical activities, aiming to enhance the safety of workers, communities, and the environment. The main authors and research institutions identified demonstrated a still premature involvement in the scientific production on accidents in the Brazilian petrochemical industry. This bibliometric analysis provides a comprehensive overview of the scientific production on accidents in the Brazilian petrochemical industry, enabling a deeper understanding of the key topics, trends, and contributions in this field. This information can be valuable for researchers, industry professionals, regulatory bodies, and other stakeholders interested in promoting safety and accident prevention in the Brazilian petrochemical industry.

**Keywords:** bibliometric; petrochemical; safety, accident.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1- Causas de Acidentes.....	9
Figura 4.2 – Características dos Acidentes.....	9
Figura 4.3 – Quantitativo de Acidentes em Empresas sob assistência JICA.....	10
Figura 4.4 – Quantitativo de Vítimas e Fatalidades em Empresas sob assistência JICA.....	11
Figura 4.5 – Acidentes em Indústrias Petroquímicas Registrados pela CSB .....	11
Figura 4.6 – Incêndio na empresa Ultracargo.....	15
Figura 4.7 – Plataforma P-36 em colapso .....	17
Figura 4.8 - Coluna de Popa Boreste.....	18
Figura 4.9 – Local do vazamento de Metanol após o acidente.....	20
Figura 4.10 – Produção mundial bibliométrica .....	22
Figura 6.11 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (Palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”).....	27
Figura 6.12 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”) .....	28
Figura 6.13 – Publicações nacionais por Ano na Scopus (Palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”).....	29
Figura 6.14 – Produção Nacional BDTD (Palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”)...	30
Figura 6.15 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (Palavras-chave: “Acidentes” e “Industrial”).....	37
Figura 6.16 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (Palavras-chave: “Acidentes” e “Industrial”).....	38
Figura 6.17 – Publicações nacionais na Scopus (Palavras-chave: “Acidentes” e “Industrial”)39	
Figura 6.18 – Produção Nacional BDTD (Palavras-chave: “Acidentes” e “Industrial”) .....	39
Figura 6.19 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (Palavras-chave: “Indústria” e “Petroquímica”).....	41
Figura 6.20 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (palavras-chave: “Indústria” e “Petroquímica”).....	42
Figura 6.21 – Publicações nacionais na Scopus (Palavras-chave: “Indústria” e “Petroquímica”).....	43

Figura 6.22 – Produção Nacional BDTD (Palavras-chave: “Indústria” e “Petroquímica”).....	43
Figura 6.23 – Quantidade de Periódicos Identificados por palavras-chave na Scopus .....	45
Figura 6.24 - Comparativo Produção Nacional por Década na plataforma Scopus .....	46
Figura 6.25 - Comparativo Produção Nacional por Década na plataforma BDTD.....	46
Figura 32 - Comparativo Produção Nacional na plataforma BDTD .....	47

## LISTA DE QUADROS

Quadro 6.1 - Gestão da PETROBRÁS.....	49
Quadro 6.2 - Gestão da PETROBRÁS continuação.....	50

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JICA	Agência de Cooperação Internacional do Japão
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
ONU	Organização das Nações Unidas
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>5</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. Objetivo Geral .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>6</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
<b>4.2. Acidentes e Incidentes .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1. Acidentes na indústria petroquímica: causas e fatores de risco .....</b>	<b>8</b>
<b>4.2. Medidas de prevenção e mitigação de acidentes na indústria petroquímica .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3. Estudos bibliométricos sobre acidentes na indústria petroquímica nacional.....</b>	<b>22</b>
<b>5. METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
<b>5.1. Tipo de Pesquisa .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2. Fonte de dados .....</b>	<b>25</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>6.1. Características dos estudos selecionados.....</b>	<b>26</b>
<b>6.1.1. Pesquisa utilizando as palavras-chave “Acidente” e “Petroquímica”.....</b>	<b>26</b>
<b>6.1.2. Pesquisa utilizando as palavras-chave “Acidente” e “Industrial”.....</b>	<b>36</b>
<b>6.1.3. Pesquisa utilizando as palavras-chave “Industria” e “Petroquímica” .....</b>	<b>41</b>
<b>6.1.4. Comparativo Resultados.....</b>	<b>45</b>
<b>6.2. Principais causas e fatores de risco identificados nos estudos.....</b>	<b>47</b>
<b>6.3. Medidas de prevenção e mitigação adotadas pelas empresas.....</b>	<b>51</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM), a indústria petroquímica é caracterizada por utilizar derivados de petróleo ou gás natural como fontes de matéria prima além de ser responsável por produzir eteno, polietileno, benzeno, policloreto de vinila entre outras substâncias, entretanto o refino do petróleo é condicionado as indústrias do petróleo, setor industrial diferente do petroquímico, logo a indústria petroquímica é parte integrante da indústria química.

A indústria química brasileira é a sexta maior do mundo, em termos de faturamento líquido, apresentando, aproximadamente, 130 bilhões de dólares arrecadados no ano de 2021 porém sua representatividade no PIB brasileiro, no mesmo ano, foi de apenas 3,1% (ABIQUIM, 2022).

A indústria nacional apresentou uma parcela de 23,9% do PIB nacional e a indústria de transformação, segmento que engloba a indústria química e, por consequência, a indústria petroquímica, apresentou uma contribuição de 12,9% no produto interno bruto.

A indústria química é composta por segmentos classificados pela Organização das Nações Unidas (ONU) e revisados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com auxílio da ABIQUIM, caracterizados através das divisões da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE): 20. FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS e 21. FABRICAÇÃO DE PRODUTOS FARMOQUÍMICOS E FARMACÊUTICOS onde estão alocadas dentro da seção C que é preenchida com divisões industriais pertencentes à indústria de transformação.

Responsável por grande parte do faturamento da indústria química, o setor petroquímico é um setor importante da economia global, pois é responsável pela produção de vários produtos fundamentais para diversos setores, tais como plásticos, tintas, fertilizantes, conforme dados da ABIQUIM. No Brasil, A indústria petroquímica tem desempenhado um papel importante na economia, contribuindo para o crescimento industrial e a geração de empregos. O país possui uma indústria petroquímica robusta, com diversas empresas atuando em diferentes segmentos, desde a produção de polímeros e resinas até fertilizantes e produtos químicos especializados.

Segundo dados da International Energy Agency (IEA), a indústria petroquímica utiliza apenas 12% da demanda global de petróleo, porém, segundo a IEA, os produtos petroquímicos estão rapidamente se tornando o maior impulsionador da demanda global de petróleo, alterando o cenário atual. Devido ao uso do mercado automobilístico apresentar crescimento na demanda de veículos elétricos, com a ausência de uso de combustíveis como gasolina e diesel, o que

acarreta na redução da demanda de petróleo para o setor.

Conforme Torres (1997), a indústria Petroquímica é dividida em três gerações, conforme a evolução do segmento e seus produtos. Os produtos da Indústria Petroquímica são diversos, tais como os combustíveis Propeno, Butadieno, Gasolina (referentes à 1ª geração); Polietileno, Cloreto de Polivinila e Polipropileno (referentes à 2ª geração); além de garrafas, pneus e autopeças (referentes à 3ª geração).

A primeira geração é caracterizada pela utilização de frações do refino do petróleo e os componentes do gás natural, produzidos diretamente do petróleo ou do gás natural durante o refinamento, além da presença de empresas com grande aporte financeiro com foco em produções em larga escala a primeira geração tem como produtos os hidrocarbonetos tolueno ( $C_6H_5CH_3$ ), o benzeno ( $C_6H_6$ ), metano ( $CH_4$ ), etano ( $C_2H_6$ ) e etileno ( $C_2H_4$ ).

A segunda geração de processos industriais na indústria petroquímica é marcada pelo uso de frações de petróleo, assim como na primeira geração, e pelos produtos finais provenientes dessa etapa anterior, visando a produção de polímeros. Esta geração demanda uma mão de obra mais qualificada que a primeira, como consequência, maiores investimentos em tecnologia. Alguns produtos obtidos são o etanol ( $C_2H_6O$ ), cloreto de vinila ( $C_2H_3Cl$ ), ácido acético ( $CH_3COOH$ ) e derivados do etileno produzidos a partir do etileno ( $C_2H_4$ ).

A terceira geração da indústria petroquímica amplia a variedade de produtos ao utilizar, como insumo, o produto obtido na segunda geração. As empresas dessa geração, também conhecidas como indústrias de transformação, não necessitam de plantas industriais de larga escala como as empresas das gerações anteriores, que, geralmente, são construídas em polos industriais. Alguns dos compostos produzidos nesta geração são o policloreto de vinila (PVC) obtido do cloreto de vinila ( $C_2H_3Cl$ ), polietileno fabricado a partir do etileno ( $C_2H_4$ ) entre outros.

Apesar do impacto significativo em termos de faturamento, alcance global e geração de empregos, a indústria petroquímica está sujeita a diversos riscos, entre eles os acidentes, os quais podem acarretar consequências graves para a segurança dos trabalhadores, a saúde pública e ao meio ambiente. Embora os dados relativos ao faturamento demonstrem um cenário positivo, os riscos e acidentes no trabalho demonstram um outro lado desse segmento industrial. Segundo dados do Ministério do Trabalho divulgados em 2022, foram registrados 15.578 casos de acidentes de trabalho na indústria petroquímica durante o ano 2020, sendo 64 acidentes que provocaram incapacidade permanente e 47 óbitos. No ano de 2022, Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) contabilizaram 31.624 vínculos empregatícios no setor da indústria Petroquímica, o que

demonstra uma proporção de 49% entre acidentes de trabalhos e vínculos empregatícios no ano de 2020.

Visando ampliar o olhar sobre os acidentes no ambiente industrial petroquímico foi utilizada a pesquisa bibliométrica, ferramenta útil para analisar e sintetizar as informações disponíveis na literatura científica. A bibliometria é uma técnica que utiliza métodos estatísticos para analisar a produção e o impacto da literatura científica em um determinado campo de pesquisa (Araújo, 2006).

Através da análise bibliométrica foram identificados estudos sobre acidentes na indústria petroquímica nacional, com o objetivo de quantificar a produção literária nacional sobre o tema, além de identificar as principais causas e fatores de risco, bem como as medidas de prevenção e mitigação de acidentes.

Um estudo realizado por Justino (2020) realizou um levantamento das informações sobre acidentes ocorridos na indústria petroquímica brasileira nos anos 2006, 2007, 2016 e 2017, utilizando dados do Ministério do Trabalho. A autora identificou que devido a periculosidade do segmento industrial, os dados de acidentes de trabalho apresentam uma expressividade considerável, sendo a implantação de um sistema de gestão de riscos essencial para a redução dos acidentes laborais.

Outro estudo realizado por Miranda Junior (2013) afirma que a maioria das empresas brasileiras de pequeno e médio porte não possuem políticas internas que tenham como foco a prevenção e acidentes e, infelizmente, a literatura brasileira referente a análises de risco da indústria de petróleo e gás é bastante escassa.

Além disso, a pesquisa bibliométrica também pode ser usada para identificar lacunas na literatura científica e orientar futuras pesquisas sobre acidentes na indústria petroquímica nacional. Para isso foram utilizadas as bases de dados da plataforma Scopus e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), visto que essas bases de dados possuem amplo acervo de estudos científicos.

Em suma, a pesquisa bibliométrica é uma ferramenta importante para analisar as informações disponíveis na literatura científica sobre acidentes na indústria petroquímica nacional. Através da análise dos estudos existentes, é possível identificar as principais causas e fatores de risco associados aos acidentes, bem como as medidas de prevenção e mitigação que têm sido adotadas pelas empresas. Além disso, a bibliometria também pode ser usada para identificar lacunas na literatura e orientar futuras pesquisas.

Devido à natureza complexa e perigosa da indústria petroquímica, é fundamental que as

empresas adotem medidas de segurança adequadas para proteger a saúde e segurança dos trabalhadores, bem como minimizar os impactos ambientais e sociais de possíveis acidentes. Nesse sentido, a pesquisa científica desempenha um papel crucial ao fornecer informações e soluções para prevenir acidentes e melhorar as práticas de segurança na indústria petroquímica.

Portanto, é essencial que as empresas do setor petroquímico invistam em medidas de segurança e em treinamento para seus funcionários, de forma a reduzir os riscos de acidentes e prevenir perdas humanas, econômicas e ambientais. Além disso, é importante que novos estudos sejam conduzidos para preencher lacunas na literatura científica sobre acidentes na indústria petroquímica, buscando soluções mais eficazes e abrangentes para lidar com os desafios desse setor.

Em resumo, a pesquisa bibliométrica sobre acidentes na indústria petroquímica nacional é uma ferramenta valiosa para entender as principais causas e fatores de risco associados aos acidentes, bem como para orientar as empresas na adoção de medidas de prevenção e mitigação. Ao fornecer informações e soluções para melhorar a segurança e saúde ocupacional na indústria petroquímica, a pesquisa científica contribui para um futuro mais seguro e sustentável para essa importante indústria do Brasil. Porém a escassez de literatura científica é um obstáculo para a evolução da construção de um ambiente laboral mais seguro.

O presente trabalho busca realizar uma análise através da pesquisa bibliométrica da situação atual brasileira em relação à produções científicas acerca de acidentes na indústria petroquímica brasileira.

## 2. JUSTIFICATIVA

A indústria petroquímica é um setor estratégico para a economia brasileira, responsável pela produção de uma ampla variedade de produtos que são utilizados em diversos segmentos, como plásticos, borrachas, têxteis, entre outros. No entanto, essa indústria também é conhecida pelos riscos associados às suas atividades, como vazamentos de produtos químicos, explosões, incêndios e outros tipos de acidentes.

A ocorrência de acidentes na indústria petroquímica pode gerar graves consequências, tanto para a saúde e segurança dos trabalhadores envolvidos, quanto para o meio ambiente e a população local. Além disso, tais acidentes também podem acarretar prejuízos financeiros e de imagem para as empresas do setor.

Nesse contexto, torna-se importante compreender os principais fatores que contribuem para a ocorrência de acidentes na indústria petroquímica e identificar as práticas e técnicas mais eficazes para prevenir e minimizar esses riscos. Assim, a pesquisa bibliométrica proposta contribuirá para ampliar o conhecimento sobre o tema, por meio da análise de estudos e casos relacionados à segurança na indústria petroquímica.

Adicionalmente, a análise aprofundada dos avanços e lacunas presentes na produção científica acerca desse tema desempenha um papel fundamental no embasamento para a formulação de políticas públicas através de melhorias ou até implementação de normas reguladoras e implementação de práticas de gestão de riscos mais eficazes em indústrias petroquímicas. Tais medidas visam primordialmente mitigar a ocorrência de acidentes na indústria petroquímica brasileira, buscando, assim, a implementação de práticas de gestão mais eficientes na aplicação dos processos, além de aprimorar significativamente a segurança das operações e a preservação da integridade dos trabalhadores, bem como resguardar a saúde pública e o equilíbrio ambiental.

Portanto, a justificativa para a realização da pesquisa bibliométrica sobre acidentes na indústria petroquímica nacional reside na importância de se buscar soluções para minimizar os riscos envolvidos nas atividades desse setor, contribuindo para a segurança dos trabalhadores, a proteção ambiental e a continuidade da produção de bens e serviços.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

O principal objetivo desse estudo é fornecer uma visão ampla e quantitativa da produção científica existente sobre acidentes na indústria petroquímica nacional ao comparar com o cenário global, permitindo uma análise sistemática com base em dados bibliográficos.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar os principais tipos de acidentes ocorridos na indústria petroquímica brasileira;
2. Analisar as principais técnicas e metodologias utilizadas para prevenir e minimizar os riscos de acidentes na indústria petroquímica;
3. Verificar a evolução da produção científica sobre o tema, identificando as principais tendências e lacunas na literatura;
4. Propor recomendações e sugestões para aprimorar as práticas de segurança e prevenção de acidentes na indústria petroquímica nacional.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A indústria petroquímica é uma das áreas mais críticas e perigosas em termos de acidentes de trabalho, conforme Chu (2014). Devido à sua natureza, é comum que ocorram acidentes envolvendo produtos químicos tóxicos, explosões e incêndios que podem ter graves consequências para a saúde e segurança dos trabalhadores, bem como para o meio ambiente e a sociedade em geral.

Diversos estudos têm sido realizados na tentativa de entender as causas dos acidentes na indústria petroquímica, a fim de prevenir futuros incidentes e melhorar as práticas de segurança. Neste trabalho, serão apresentados alguns dos principais resultados obtidos em pesquisas recentes sobre o tema.

### **4.1. Acidentes e Incidentes**

A inclusão de acidente sem lesão, como eventos que causaram danos materiais e ao meio ambiente foi introduzida pela primeira vez apenas em 1926 por Heinrich sendo contabilizados na quantidade de acidentes de uma empresa, segundo Santos (2009). Nesse estudo foi percebido que para cada lesão incapacitante ocorrida 29 acidentes com lesões não incapacitante e 300 acidentes sem lesões foram observados, demonstrando que a ocorrência destes problemas estava relacionada às práticas do trabalhador e a condição do local laboral. Essa análise de Heinrich foi utilizada como referência em trabalhos direcionados para área de prevenção de acidentes.

Santos (2009) em seu trabalho define acidentes como um evento não intencional, repentino e indesejado que resulta em danos pessoais, materiais ou ambientais, enquanto incidente é definido por um evento não planejado ou uma situação anormal que pode ou não resultar em danos ou lesões. Diferentemente de um acidente, um incidente pode envolver apenas um desvio ou uma falha em um processo sem causar lesões ou danos significativos.

Conforme Krüger (2014), após 43 anos, já em 1969, foi publicado uma nova análise com dados de, aproximadamente, 300 empresas nos Estados Unidos da América, que contabilizaram, em conjunto, mais de 1 milhão e meio de ocorrências onde os incidentes foram apresentados pela primeira vez. Os incidentes, ou quase acidentes, foram classificados como ocorrências que não causaram nenhum dano, a proporção dos acidentes fatais observados foi

de 1 acidente fatal para cada 10 lesões não incapacitantes, 30 acidentes com danos à propriedade e 600 incidentes.

Essa proporção foi alterada ao incluir o conceito de desvio, no qual é qualquer ação que possui potencial para conduzir, direta ou indiretamente, danos a pessoas ao patrimônio (próprio ou de terceiros), ou impacto ao meio ambiente, que se encontra desconforme com as normas de trabalho, procedimentos, requisitos legais ou normativos, requisitos do sistema de gestão ou boas práticas segundo Dupont (2005). Agora foi estimado que para cada fatalidade 10 lesões incapacitantes ocorreram, 30 lesões não incapacitantes foram registradas, 3000 incidentes foram observados e 30 mil desvios foram contabilizados.

Sendo assim é notório que os acidentes não são eventos aleatórios e isolados, geralmente há a ocorrência de vários incidentes e desvios que antecedem os acidentes laborais. O incidente revela a possibilidade de risco ao colaborador e empresa é um importante sinalizador para a prevenção de acidentes e deve ser monitorado e registrado pela companhia.

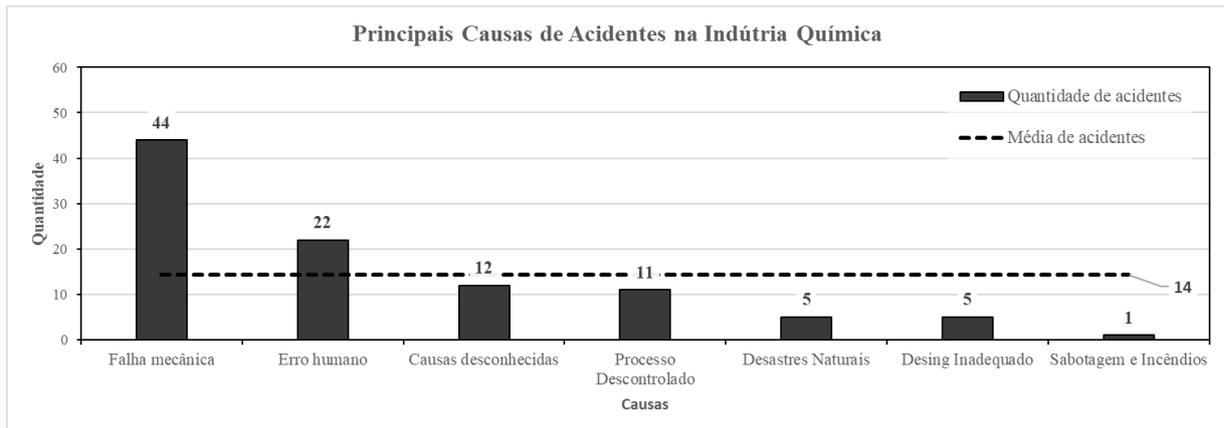
#### **4.2. Acidentes na indústria petroquímica: causas e fatores de risco**

Acidentes na indústria petroquímica são eventos indesejados que podem causar impactos significativos em termos de perdas humanas, ambientais e financeiras. Estudos indicam que esses acidentes estão associados a uma combinação de fatores, incluindo falhas humanas, falhas de equipamentos, condições ambientais adversas e outros fatores de risco. Nesta seção, serão discutidas as causas e fatores de risco associados aos acidentes na indústria petroquímica com base nas referências estudadas.

De acordo com Chinaqui. (2012), as causas dos acidentes na indústria química são causadas principalmente por falhas mecânicas e erros humanos apresentando mais de 60% das ocorrências, como ilustra a Figura 4.1. O erro humano acontece, por exemplo, quando há uma abertura inadequada ou fora da ordem correta de alguma válvula do processo, ou a limpeza de um reator que pode ter sido feita de forma a deixar resquícios de substâncias. Esses resquícios podem gerar reações paralelas que corroem as paredes do equipamento, expondo a equipe da planta industrial aos fluidos do tanque de reação e ocasionando danos aos colaboradores e ao local laboral.

Já a falha mecânica, assim como o erro humano, pode gerar acidentes de graves proporções. Por exemplo, a falha de um compressor no sistema pode gerar alteração na pressão, ação que apresenta potencial risco de explosão do local.

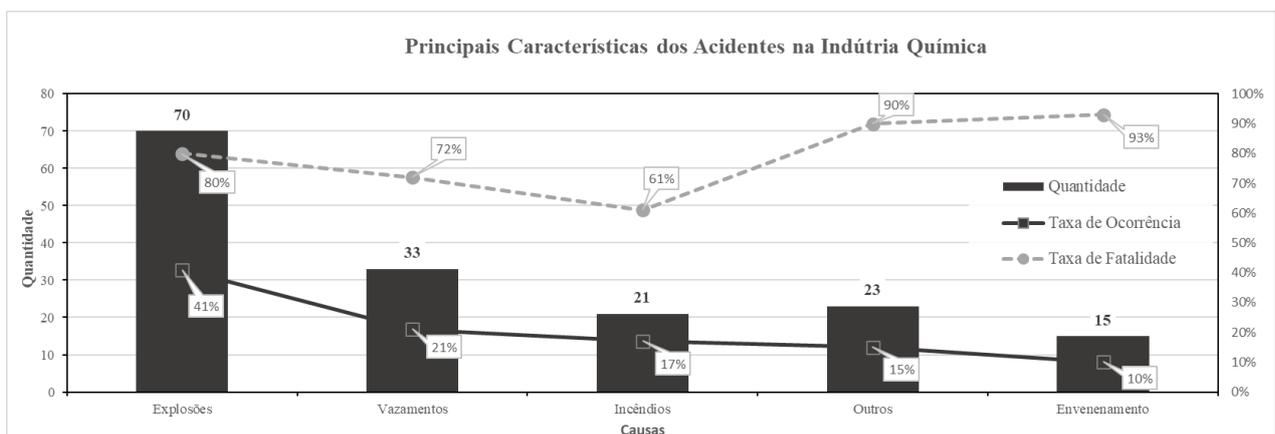
Figura 4.1- Causas de Acidentes



Fonte: CHINAQUI, 2012 adaptado pelo autor.

Já o estudo de PAN (2022), demonstra a característica dos acidentes associados aos acidentes a indústria petroquímica chinesa, os resultados são demonstrados na Figura 4.2, onde é possível reparar que ocorrências com explosões são predominantes na análise e apresentam a maior quantidade de mortes. Além de explosões, vazamentos são recorrentes no mesmo segmento, bem como incêndios e envenenamento, que apresenta menores taxas de recorrência. A categoria outros engloba acidentes tais como quedas de colaboradores e asfixias em ambiente fechado.

Figura 4.2 – Características dos Acidentes



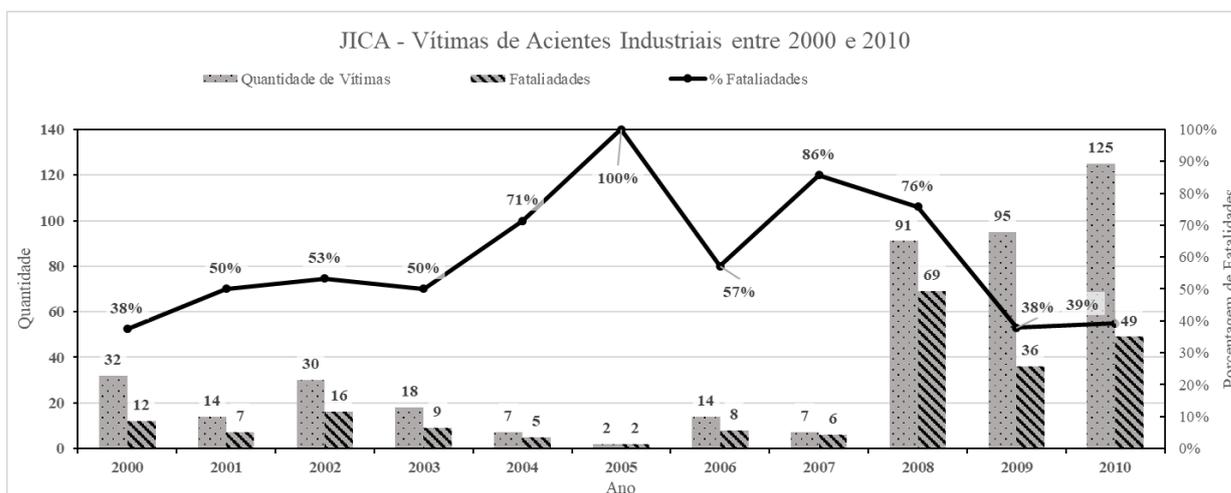
Fonte: PAN, 2012 adaptado pelo autor.

Além dos fatores humanos, é importante destacar também os fatores técnicos como possíveis causas de acidentes na indústria petroquímica. Dentre esses fatores, destacam-se a falta de manutenção adequada de equipamentos e sistemas de segurança, o uso inadequado de produtos químicos, a inobservância de normas e procedimentos de segurança. Nesse sentido, é fundamental que as empresas do setor invistam em treinamentos constantes, atualização de normas e procedimentos, manutenção preventiva e corretiva de equipamentos, em sistemas de segurança, além de investimentos em tecnologias que auxiliem na prevenção de acidentes.

O estudo realizado entre os anos de 2000 a 2010 pela Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA), organização governamental japonesa responsável pela implementação de programas de cooperação técnica e econômica em países em desenvolvimento fornecendo assistência financeira, técnica e de capacitação para promover o desenvolvimento sustentável e o crescimento econômico dos países parceiros, demonstrou o comportamento do número de acidentes industriais ocorridos em empresas que receberam assistência da organização.

A Figura 4.3 demonstra o comportamento dos 145 acidentes ocorridos durante o período entre 2000 e 2010, vale ressaltar que a partir do ano de 2008 foram contabilizados acidentes em empresas que receberam empréstimos, nos anos anteriores apenas acidentes em empresas que receberam o auxílio proveniente da JICA foram abordados na análise.

Figura 4.3 – Quantitativo de Acidentes em Empresas sob assistência JICA



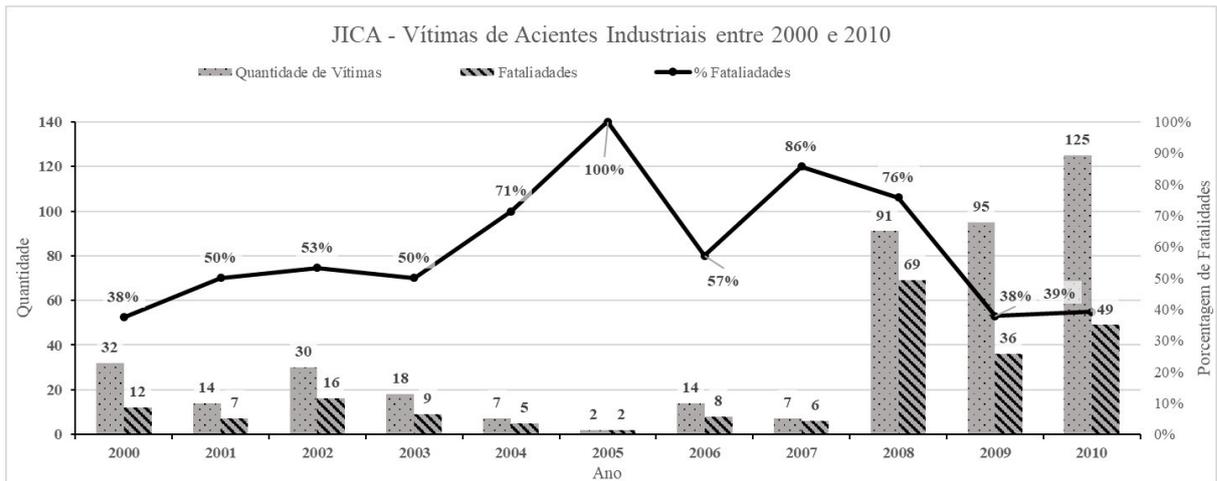
Fonte: Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA), adaptado pelo autor.

A quantidade de acidentes apresentou um comportamento constante com baixa oscilação entre 2000 e 2007, já no ano de 2008, no qual foram observados os acidentes em empresas que recebiam o empréstimo da JICA, houve um aumento do número de acidentes, comportamento que permaneceu nos anos posteriores observados no estudo.

A gravidade dos acidentes também foi levada em consideração, a

Figura 4.4 demonstra a relação entre vítimas dos acidentes e fatalidades, sendo 60% o índice de fatalidade médio no período do estudo. O estudo demonstra que os 145 acidentes afetaram diretamente 435 pessoas, média de 3 pessoas afetadas por acidente, além de gerar o óbito de 216 trabalhadores.

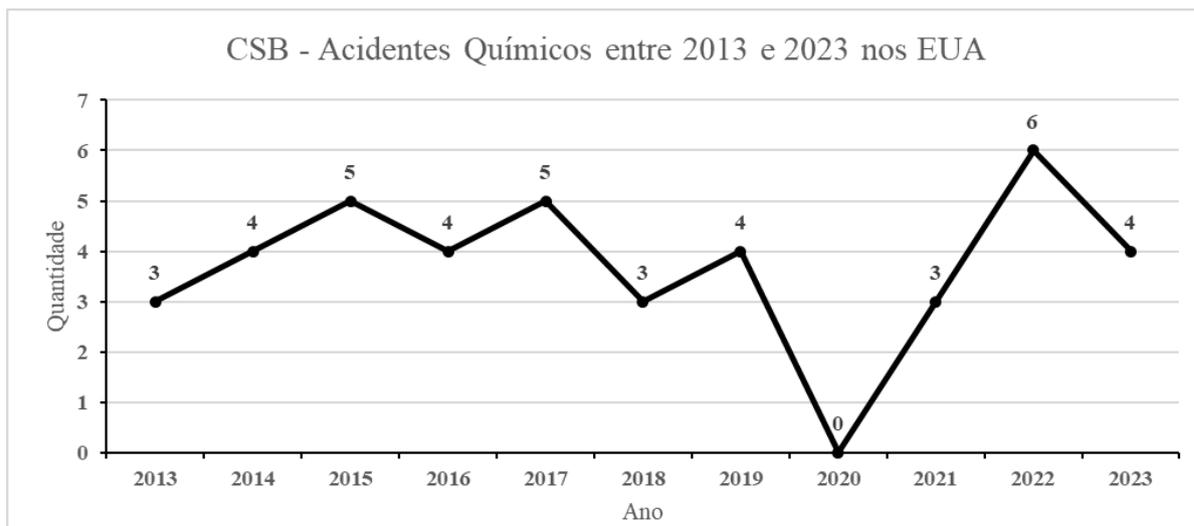
Figura 4.4 – Quantitativo de Vítimas e Fatalidades em Empresas sob assistência JICA



Fonte: Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA), adaptado pelo autor.

A US Chemical Safety and Hazard (CSB) também realizou estudos sobre acidentes industriais relevantes, acidentes que receberam a investigação realizada pela agência e geraram vítimas fatais ou não, relacionados a acidentes em indústrias químicas, o comportamento quantitativo extraído do banco de dados da empresa é demonstrado na Figura 4.5. A CSB é uma agência independente do governo dos Estados Unidos responsável por investigar acidentes químicos e de segurança industrial, possuindo como objetivo principal a prevenção de acidentes e a proteção e segurança dos trabalhadores, do público e do meio ambiente em relação a incidentes químicos.

Figura 4.5 – Acidentes em Indústrias Petroquímicas Registrados pela CSB



Fonte: US Chemical Safety and Hazard (CSB), coletado pelo autor.

Apesar de apresentar números relativamente baixos, a quantidade de acidentes em empresas químicas em território norte-americano não apresenta grandes oscilações, com exceção do ano de 2020 onde não foram identificados acidentes no banco de dados da CSB.

Em relação à legislação brasileira, é importante destacar a existência da Norma Regulamentadora NR-20, que estabelece as condições mínimas de segurança e saúde no trabalho em atividades de extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis e líquidos combustíveis. Além disso, a Lei nº 9.605/1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, prevê sanções penais e administrativas para condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, incluindo os acidentes na indústria petroquímica.

Outro fator importante que pode contribuir para os acidentes na indústria petroquímica é a cultura organizacional. Almeida (2003) demonstra que em trabalhos anteriores a atribuição de culpa pelos acidentes era atribuída à vítima, como o trabalho de Correia (2007), onde é realizado um estudo sobre o envolvimento do fator humano nos acidentes em indústrias. Almeida apresenta que essa análise, que torna a vítima como força motriz da ocorrência, gera uma cultura de organizacional onde o problema não é estudado da forma a promover segurança por meio da prevenção dos acidentes, perpetuando assim uma cultura onde o acidente laboral é algo comum ou até mesmo hereditário, conforme Correia cita o trabalho de Zocchio (2002).

Além disso, a falta de comunicação eficaz também pode contribuir para os acidentes na indústria petroquímica. Segundo Lima (2016), a falta de comunicação entre os turnos foi o principal fator para a explosão da plataforma de exploração de petróleo e gás natural denominada 'Pier Alpha' situada na Escócia em 1988. Na noite anterior ao acidente, a equipe

de manutenção realizou a retirada da válvula de alívio, utilizada para reduzir a pressão para evitar uma sobrecarga ao sistema, do fluxo para uma operação de reparo em uma das bombas da planta, porém o procedimento realizado no turno noturno não foi sinalizado para a equipe posterior que iniciou a operação. O resultado foi o rompimento da tubulação que proporcionou o vazamento de gás inflamável para o local e posterior explosão do local, causando a morte de 162 colaboradores.

Buscando minimizar possibilidades de explosões ocorrerem em ambiente industrial petroquímicos, Chu (2014), também destaca a importância da análise de riscos na prevenção de acidente. O estudo aponta que a análise de riscos é um fator importante que contribuem para a prevenção de acidentes, e que é necessário implementar medidas preventivas para minimizar os riscos. A análise de risco é definida por um processo de avaliação de risco resultante de um perigo tendo em consideração a adequação dos controles já existentes mensurando o nível de gravidade do risco segundo a norma internacional que define boas práticas de gestão de saúde e segurança do trabalho OHSAS 18001:2007.

Outro fator de risco importante é a falta de investimento em tecnologias e equipamentos de segurança na indústria petroquímica. Como destacado por Costa (2008), muitas empresas não investem em tecnologias de ponta e equipamentos de segurança modernos, o que pode contribuir para a ocorrência de acidentes. É importante que as empresas invistam em tecnologias e equipamentos de segurança para minimizar os riscos de acidentes na indústria petroquímica.

Ademais, estudos apontam que a negligência e falta de treinamento por parte dos trabalhadores também são fatores que contribuem para a ocorrência de acidentes na indústria petroquímica. De acordo com a pesquisa de Correia. (2007), os trabalhadores muitas vezes não têm conhecimento suficiente sobre os processos e procedimentos de segurança, e isso pode levar a erros e falhas na prevenção de acidentes, sendo, muitas vezes, resultado da cultura organizacional implantada na empresa de forma inconsciente.

A falta de manutenção adequada dos equipamentos também é uma causa comum de acidentes na indústria petroquímica. Segundo o estudo de Chinaqui (2012), a falta de manutenção pode levar a falhas mecânicas, vazamentos e explosões, que representam um risco significativo para a segurança dos trabalhadores e das comunidades próximas, como observado no estudo do caso de Flixborough no Reino Unido em 1974, onde devido a necessidade de retirada para manutenção em um dos reatores do processo fez com que a continuidade do processo fosse realizada através da implementação de uma tubulação “by-pass” com parâmetros diferentes do padrão estabelecido, fato que gerou vazamento do fluido e posterior explosão do

local ocasionando a morte de 28 funcionários.

Um dos maiores acidentes industriais do mundo ocorrido em Bhopal na Índia em 1984 apresentou como uma das principais causas a manutenção inadequada ou ausente de uma das válvulas do processo que permitiu o contato da água da limpeza com o isocianato de metila  $C_2H_3NO$ , composto tóxico utilizado na fábrica para produção de pesticidas presente no tanque de armazenamento. O contato dessas substâncias produziu uma reação exotérmica elevando a pressão do equipamento, aliado à falta de manutenção da válvula, o sistema de segurança responsável por evitar a descarga tóxica do isocianato de metila apresentava-se desligado, logo o vazamento do fluido foi inevitável, provocando a morte de mais de 3.800 pessoas.

Conforme visto, acidentes de trabalho podem acarretar danos aos profissionais que atuam na empresa, danos aos patrimônios da empresa e podem afetar o ambiente ao redor do ocorrido. O incêndio que ocorreu na empresa ULTRACARGO, maior empresa de armazenagem de grânéis líquidos do Brasil, de localizada em Santos no estado de São Paulo que, segundo Vítor Fernandes, diretor de empresa OFOS responsável por Soluções de Prevenção e Combate a Incêndios, feriu 15 pessoas, gerou a morte de 7 toneladas de peixes além de ocasionar problemas respiratórios e chuva ácida para os moradores da região.

O acidente em Santos ocorreu entre os dias 2 e 10 de abril de 2015, a Figura 4.6 ilustra o ocorrido. Segunda Silva (2019) ele foi causado devido à operação com as válvulas de descarga e sucção fechadas, o que resultou na explosão de uma válvula. Essa explosão deu início ao incêndio no tanque de gasolina da empresa, desencadeando uma sequência de explosões e chamas que alcançaram mais de 50 metros de altura.

Figura 4.6 – Incêndio na empresa Ultracargo



Fonte: Bucka. Incêndio na Ultracargo. 2015. Disponível em: <<https://www.bucka.com.br/o-incendio-na-ultracargo-uma-analise-preliminar/>>. Acesso em: 01/10/2022.

O incêndio durou 9 dias e atingiu 6 tanques de gasolina e etanol com capacidade para 6 milhões de litros. Felizmente as chamas não atingiram outros tanques com líquidos inflamáveis e tóxicos tais como acrilato de butila, utilizado como monômero na produção de polímeros e copolímeros para camadas de solventes, adesivos, tintas e gesso podendo gerar irritação na pele, irritação ocular grave além de ser nocivo ao sistema respiratório. Caso materiais como o acrilato de butila fossem afetados pelo incêndio poderia ocasionar a evacuação da população vizinha, conforme o trabalho de Silva.

Apesar do erro operacional ter sido o fator inicial ao desastre, outras ações contribuíram para a propagação do acidente. Os tanques de combustível além de não atenderem aos requisitos determinados pela organização responsável por elaborar normas de consenso para o setor de petróleo e gás American Petroleum Institute (API) apresentando ausência de solda fragilidade no teto para facilitar aplicação de material para conter as chamas, os reservatórios estavam alocados próximos de forma que facilitou a propagação do calor entre eles.

Outro fator que contribuiu para o aumento dos danos foi a utilização de Líquido Gerador de Espuma (LGE) inadequado para a queima de diferentes materiais, visto que o LGE utilizado para a contenção da combustão de hidrocarbonetos é diferente do LGE utilizado para a reprimir

a combustão de álcool, segundo a NBR 15511.

A equipe de combate a incêndio, composta por mais de 950 pessoas e equipamentos das empresas Petrobras, Transpetro, Braskem e Ultra enfrentou obstáculos para a contenção do desastre, o acesso por uma via interna obstruía a passagem de viaturas para local próximo o que poderia reduzir o período de incêndio no local, além do sistema fixo de espuma de combate a incêndio apresentar mal funcionamento.

Analisando o acidente na ULTRACARGO no ano de 2015, é possível perceber vários fatores contribuíram para que o incêndio fosse considerado o maior desastre nesse tipo no Brasil pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo).

Atitudes como revisão periódica de sistemas de combate a incêndio, treinamentos da equipe de operação, auditorias internas periódicas e a implementação de um sistema de controle automático para a revisão das condições das válvulas de operação do sistema poderiam ter evitado o desastre ou reduzido os impactos consideravelmente. O projeto da planta da empresa, considerando os riscos e a forma de contenção de acidentes, em conjunto com a revisão das condições dos equipamentos utilizados para averiguar o cumprimento das normas, também seriam importantes aliados para a redução de danos aos funcionários, empresa, ambiente e população.

A operação humana do processo pode colaborar ou não com o início do acidente, porém alguns recursos poderiam ser utilizados para minimizar possíveis falhas tais como, o difícil acesso às válvulas de operação e a visualização da válvula correta para o manuseio, a falta de indicação na sala de controle da quantidade de fluxo, além da ausência de um sistema de alarme ou travamento do processo no caso de detecção de condições anormais.

Já no ano de 2001 ocorreu um grave acidente em território nacional que resultou na morte de 11 funcionários, a submersão completa da plataforma *off-shore* P-36 da empresa Petrobras, prejuízo estimado maior que 1 bilhão de reais, além do vazamento de óleo diesel e petróleo bruto no oceano. A Figura 4.7 ilustra a situação da plataforma durante o acidente.

Segundo o Relatório da Comissão de Investigação da ANP (ANP / DPC, 2001), a operação de esgotamento do tanque de drenagem de emergência (TDE) do lado esquerdo foi determinante para as explosões ocorridas na plataforma. O relatório aponta o armazenamento de grande quantidade de água contaminada nos TDE's, que deveriam ser utilizados apenas para o esgotamento emergencial de grandes volumes de petróleo ou água, e não para armazenamento dos fluidos. Além disso, destaca-se a retirada da bomba de esgotamento do TDE localizado no setor direito (boreste) da plataforma para manutenção no mês anterior, em conjunto com o isolamento da linha de suspiro do tanque. Essa situação provocou um aumento de pressão no

local. Houve também uma operação inadequada na retirada de fluido do tanque na região traseira a bombordo, desrespeitando normas internas, além de um fechamento incompleto da válvula que permitia a passagem de fluido para o tanque na região boreste.

Com a admissão de fluido aliado à obstrução da linha de suspiro e retirada da bomba de drenagem, o TDE da popa (região traseira da embarcação) boreste apresentou um aumento de pressão atingindo aproximadamente 10 bar, cerca de 10 vezes superior a pressão projetada para o equipamento.

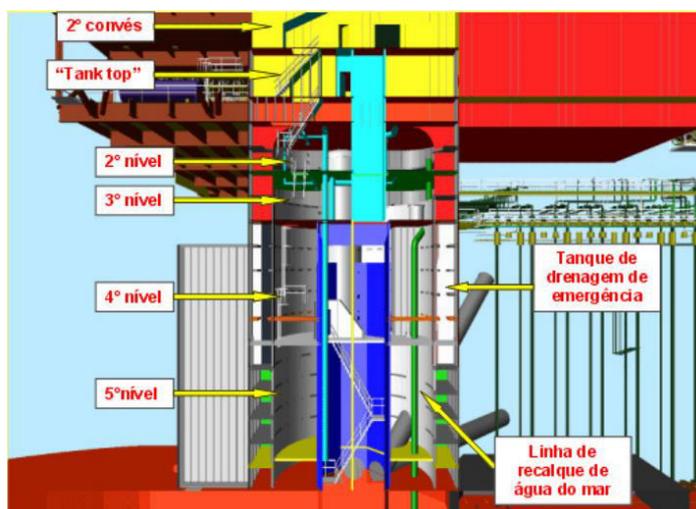
Figura 4.7 – Plataforma P-36 em colapso



Fonte: Federação Nacional dos Petroleiros, 2018

Devido às condições apresentadas, o TDE da popa boreste explodiu gerando diversos danos as estruturas da plataforma, obstruindo linhas de suspiros, rompendo a linha de recalque, que permitia a passagem de água do mar, ocasionando a entrada de água e óleo para os tanques localizados nos níveis inferiores, liberando gás para a coluna e acionando a parada automática da plataforma, o shut down. A Figura 4.8 demonstra a configuração da coluna de popa boreste, localizando o TDE que sofreu a ruptura mecânica, a linha de recalque e os níveis de compartimento da coluna que sofreram o alagamento.

Figura 4.8 - Coluna de Popa Boreste



Fonte: Relatório da Comissão de Investigação ANP / DPC, 2001

Apesar dos danos ocasionados da ruptura, os compartimentos inferiores não foram considerados como zona de risco, o gás, inflamável, não foi detectado, gerando risco para a brigada de incêndio do local que, ao chegar ao local, identificou a presença de uma névoa e ruídos intensos. O funcionamento do sistema de ventilação e a falta de iluminação adequada no ambiente interferiu na inspeção da equipe que foi atingida pela segunda explosão.

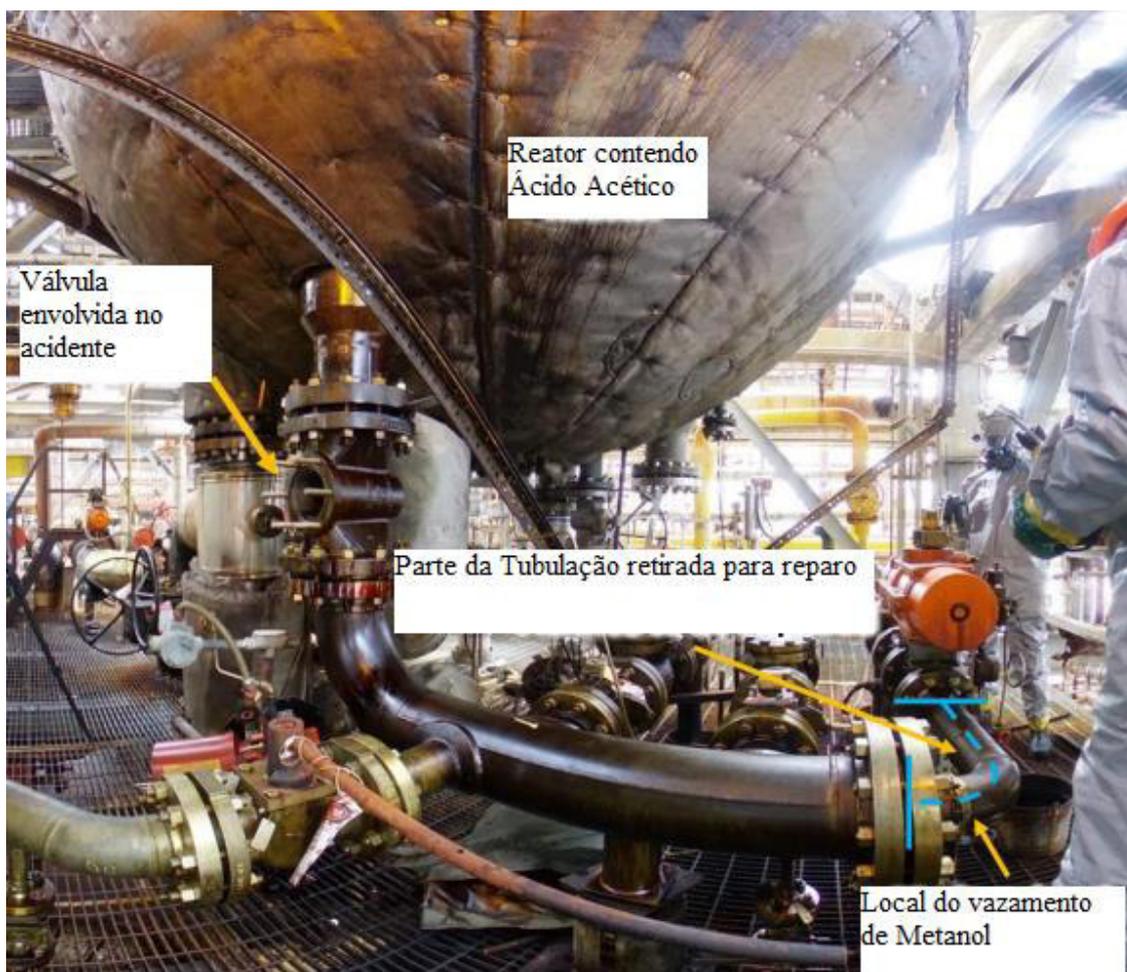
A segunda explosão intensificou o alagamento da coluna prejudicando o sistema de flutuação gerando uma inclinação da plataforma. Para contornar a situação, a coordenação da unidade realizou o alagamento proposital de tanques localizados na proa (frente da embarcação) bombordo a fim de estabilizar a plataforma compensando a inclinação, porém essa atitude acelerou a submersão da plataforma. Os colaboradores remanescentes foram evacuados e a plataforma foi abandonada gerando a liberação de óleo para o oceano, prejuízo de aproximadamente 1 bilhão de reais e contabilizando 11 mortes.

O acidente da plataforma P-36 não teve apenas uma ação ou condição isolada para acontecer, diversos fatores contribuíram para as explosões e posterior naufrágio. Estes fatores poderiam ser evitados caso:

- As condições e operações presentes no Manual de Operações da Planta de Processo da Plataforma fossem atendidas;
- Não houvesse acúmulo de água contaminada nos TDE's;
- As linhas de suspiro não estivessem obstruídas, com a realização de inspeções periódicas;
- Condições ambientais de iluminação, ventilação apresentassem plenas condições de funcionamento e adequadas ao local;

- Revisões periódicas do sistema de gestão operacional fossem realizadas;
- Manutenções periódicas de equipamento e avaliação de condições operacionais durante a retirada de aparelhos do processo fossem realizadas;
- Houvesse a implementação de planos de emergência;
- Fosse implementados sistemas de travamento automático quando detectadas situações críticas.

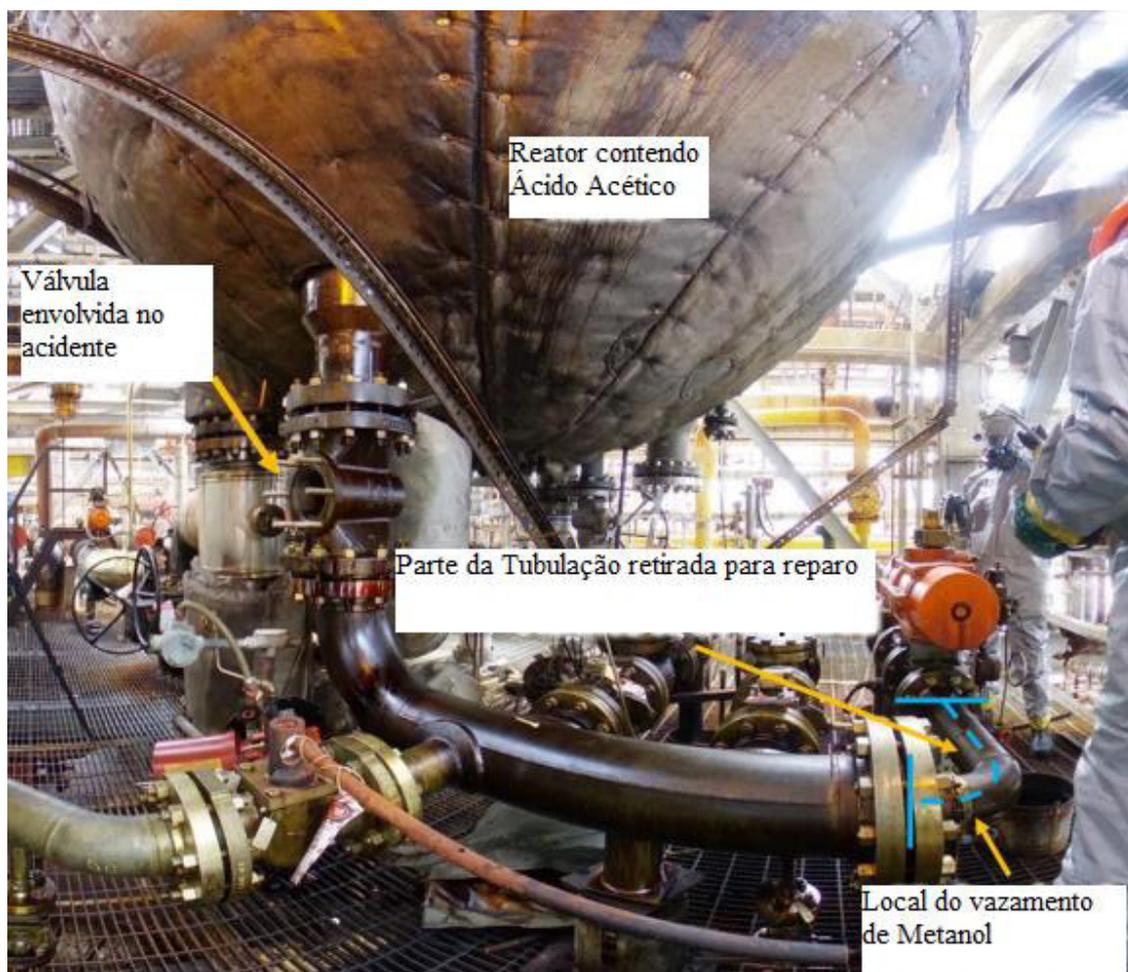
Estudos e pesquisas sobre acidentes e métodos de prevenção são úteis para a regulamentação de normas e implementação de políticas de segurança, a falta de estudos e consequentemente ausência de melhorias de ferramentas de segurança no ambiente de trabalho permitem que as causas de acidentes antigos tornem a se repetir. O acidente petroquímico ocorrido na cidade de La Porte no estado do Texas nos Estados Unidos da América, no mês de julho de 2021, ocorreu durante a manutenção nas instalações da empresa LyondellBasell, semelhante ao cenário de tragédia em Flixborough quando o desastre teve como principal fator a manutenção de equipamento. A carência de treinamento dos colaboradores, assim como a falta de um sistema Poka Yoke, sistema desenvolvido para prevenir riscos de falhas humanas e corrigir eventuais erros em processos industriais, foram outros fatores agravantes ao problema. No dia 27 de julho de 2021 foi identificado um pequeno vazamento de metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), substância de toxicidade aguda de acordo com a ficha de informações de segurança de produtos químicos do metanol da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG, 2016), na tubulação próxima ao reator de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) a unidade de processo foi fechada e a produção de ácido acético foi interrompida para a remoção e reparo da tubulação vazada. A fim de isolar a tubulação que continha metanol e ácido acético, foi escolhida a utilização de uma válvula de obturador de oito polegadas acionada pneumáticamente, localizada entre a tubulação com vazamento e o reator de ácido acético, a Figura 4.9 – Local do vazamento de Metanol após o acidente



mostra o local do acidente. Para isolar a tubulação, que continha metanol e ácido acético, a equipa da *LyondellBasell* escolheu usar a válvula localizada entre a tubulação com vazamento e o reator de ácido acético próximo - uma válvula de obturador de oito polegadas acionada pneumaticamente - como dispositivo de isolamento. O Procedimento de Isolamento de Energia da *LyondellBasell* especificava que as únicas válvulas de controle acionadas pneumaticamente consideradas dispositivos de isolamento de energia aprovados eram aquelas equipadas com macacos manuais, que poderiam ser fechados e travados fisicamente. A equipa da *LyondellBasell* decidiu, portanto, remover o atuador conectado à válvula de obturador (incluindo seu acoplador) para que um T de tubulação pudesse ser instalado sobre o eixo da válvula. O T de tubulação teria então uma corrente passada pela abertura, atendendo assim aos requisitos de instalação de um bloqueio físico de acordo com o procedimento.

A *LyondellBasell* direcionou seu contratante terceirizado, a empresa Turn2, para realizar a tarefa de remoção do atuador. O Turn2 havia comunicado à *LyondellBasell* que tinha uma equipe noturna qualificada e disponível para remover o atuador. A *LyondellBasell* não tinha um procedimento detalhando como remover o atuador, e nem a *LyondellBasell* nem o Turn2 treinaram o pessoal do Turn2 sobre como remover o atuador.

Figura 4.9 – Local do vazamento de Metanol após o acidente



Fonte: CSB, modificado pelo autor.

Durante o processo de remoção do atuador, a equipe do Turn2 inadvertidamente removeu as porcas de retenção de pressão que mantinham a tampa da válvula no lugar, comprometendo assim a integridade da pressão da válvula de obturador. Ao tentar remover o acoplador do eixo da válvula, a equipe do Turn2 aplicou uma força externa usando uma alavanca. Devido à combinação de forças externas e à pressão do fluido dentro da válvula, a tampa solta da válvula e o obturador foram ejetados do corpo da válvula, resultando em uma rápida liberação de ácido acético.

O atuador desempenhou um papel importante nesse incidente, pois era responsável pelo controle automático da abertura e fechamento da válvula de obturador. Quando o atuador foi removido, a válvula não estava mais sob controle adequado, e a pressão acumulada no reator de ácido acético resultou na liberação súbita e não controlada do ácido acético pela válvula de obturador aberta.

O design da válvula envolvida no acidente, segundo a CSB, foi uma recomendação da

American Petroleum Institute (Instituto Americano de Petróleo, associação comercial nos Estados Unidos que representa a indústria do petróleo e do gás natural), que permitiria a montagem ou remoção de um atuador sem afetar a retenção de pressão da válvula, fato que não impediu que os trabalhadores inadvertidamente removessem componentes de retenção de pressão ao remover o atuador.

É importante destacar que, embora o design da válvula tenha sido considerado adequado, a falta de conscientização e treinamento adequados dos trabalhadores sobre a importância e a identificação correta dos componentes de retenção de pressão foi um fator-chave para o incidente.

Em suma, os acidentes na indústria petroquímica representam um grande desafio para a segurança dos trabalhadores e das comunidades próximas conforme a análise dos acidentes presentes neste trabalho. As causas dos acidentes são múltiplas e complexas, envolvendo desde fatores relacionados à gestão e planejamento das empresas até a falta de treinamento e manutenção inadequada dos equipamentos. É fundamental que as empresas invistam em medidas preventivas, como análise de riscos, treinamento adequado dos trabalhadores e manutenção regular dos equipamentos, para minimizar os riscos de acidentes e garantir a segurança dos trabalhadores e da comunidade em geral.

#### **4.2. Medidas de prevenção e mitigação de acidentes na indústria petroquímica**

A prevenção de acidentes na indústria petroquímica é uma questão crucial para a segurança de trabalhadores, da comunidade e do meio ambiente. Para isso, são necessárias medidas preventivas e de mitigação de riscos, que devem ser implementadas e constantemente atualizadas pelas empresas do setor.

Uma das medidas de prevenção mais importantes é a implementação de programas de gestão de segurança, que incluem análises de riscos e planos de contingência para situações de emergência. Esses programas devem ser integrados e envolver toda a equipe de trabalho, desde a gerência até os operadores.

Além disso, é importante que as empresas invistam em tecnologias e equipamentos seguros e atualizados, bem como na capacitação constante dos trabalhadores. A implementação de sistemas de automação e controle também pode reduzir a ocorrência de acidentes.

Outra medida importante é a realização de manutenções preventivas em equipamentos e instalações, a fim de evitar falhas e vazamentos. A inspeção regular e a troca de peças e

equipamentos desgastados também são fundamentais para garantir a segurança na indústria petroquímica.

### 4.3. Estudos bibliométricos sobre acidentes na indústria petroquímica nacional

Os estudos bibliométricos se tornaram importantes ferramentas para avaliar a produção científica e a evolução de um determinado tema ao longo do tempo. No caso dos acidentes na indústria petroquímica, a literatura demonstra escassez no cenário nacional e no cenário global a produção de trabalhos bibliográficos sobre o tema é reduzida.

Com base nos dados da plataforma Scopus, a produção bibliográfica acerca do tema indústria petroquímica, apenas 9 trabalhos foram publicados mundialmente entre os anos de 2012 e 2022 conforme mostra a Figura 4.10.

Figura 4.10 – Produção mundial bibliométrica



Fonte: SCOPUS, 2023 elaborado pelo autor.

Entre os estudos identificados na plataforma Scopus, utilizando como palavras-chave bibliometria e petroquímica, dois trabalhos foram produzidos no Brasil, o artigo de Barros (2010) que aborda a caracterização de ácidos naftênicos em amostras de petróleo bruto do período de 2000 ao ano de 2022 e Pires Da Mata Costa (2021) que procura estudar a captura e reaproveitamento de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). Porém nenhum trabalho relacionado à acidentes no setor petroquímico.

Não foram encontrados estudos ou análises bibliométricas referentes à indústria petroquímica na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.



## 5. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos na pesquisa bibliométrica sobre acidentes na indústria petroquímica nacional, serão adotadas as seguintes etapas metodológicas:

1. **Definição das bases de dados:** Serão utilizadas as bases de dados Scopus e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) para seleção dos artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso e dissertações de mestrado relacionados ao tema.

2. **Identificação dos termos de busca:** Serão selecionados termos de busca relevantes para a pesquisa, como "indústria petroquímica", "acidentes", "segurança", "prevenção de acidentes", "petroquímica", "explosões" e "análise de riscos", nas bases de dados da Scopus os termos de busca foram traduzidos para o inglês.

3. **Seleção dos documentos:** Serão selecionados os documentos mais relevantes e recentes relacionados ao tema, com foco em artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso e dissertações de mestrado.

4. **Análise e mapeamento dos documentos selecionados:** Será realizada uma análise dos documentos selecionados, a fim de identificar os principais tipos de acidentes ocorridos na indústria petroquímica brasileira, mapear as causas mais frequentes desses acidentes, analisar as técnicas e metodologias utilizadas para prevenir e minimizar os riscos de acidentes, além de verificar a evolução da produção científica sobre o tema.

5. **Síntese e apresentação dos resultados:** Os resultados serão sintetizados e apresentados de forma clara e objetiva, por meio de gráficos, tabelas e estatísticas, a fim de demonstrar as principais tendências e lacunas na literatura, propor recomendações e sugestões para aprimorar as práticas de segurança e prevenção de acidentes na indústria petroquímica nacional. A plataforma da Scopus já apresenta uma visualização gráfica dos resultados da pesquisa, porém a análise apresentação dos resultados da BDTD foi realizada com o auxílio do software "Microsoft Excel" na versão 2304 *Build* 16.0.16327.20302 em 64 bits.

A metodologia adotada nesta pesquisa bibliométrica visa garantir a seleção dos documentos mais relevantes e recentes sobre o tema, bem como a realização de uma análise crítica e aprofundada desses documentos, de forma a contribuir para o avanço do conhecimento sobre a segurança na indústria petroquímica.

### **5.1. Tipo de Pesquisa**

A pesquisa bibliométrica é um tipo de pesquisa que se caracteriza pela análise quantitativa e qualitativa da produção científica em uma determinada área de conhecimento, a partir da utilização de técnicas estatísticas e bibliométricas para mapear, avaliar e sintetizar os resultados encontrados nos documentos selecionados.

### **5.2. Fonte de dados**

As fontes de dados que serão utilizadas nesta pesquisa bibliométrica são:

Serão utilizadas as bases de dados da Scopus e da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) para seleção dos artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso e dissertações de mestrado relacionados ao tema.

Artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso e dissertações de mestrado: Os documentos selecionados para análise serão obtidos a partir das bases de dados eletrônicas.

As fontes de dados selecionadas foram escolhidas por serem reconhecidas como fontes confiáveis de informação científica, com grande abrangência e representatividade em diversas áreas do conhecimento, incluindo a indústria petroquímica. Além disso, a utilização de artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso e dissertações de mestrado permite a análise crítica e aprofundada das informações encontradas, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre o tema.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. Características dos estudos selecionados**

#### **6.1.1. Pesquisa utilizando as palavras-chave “Acidente” e “Petroquímica”**

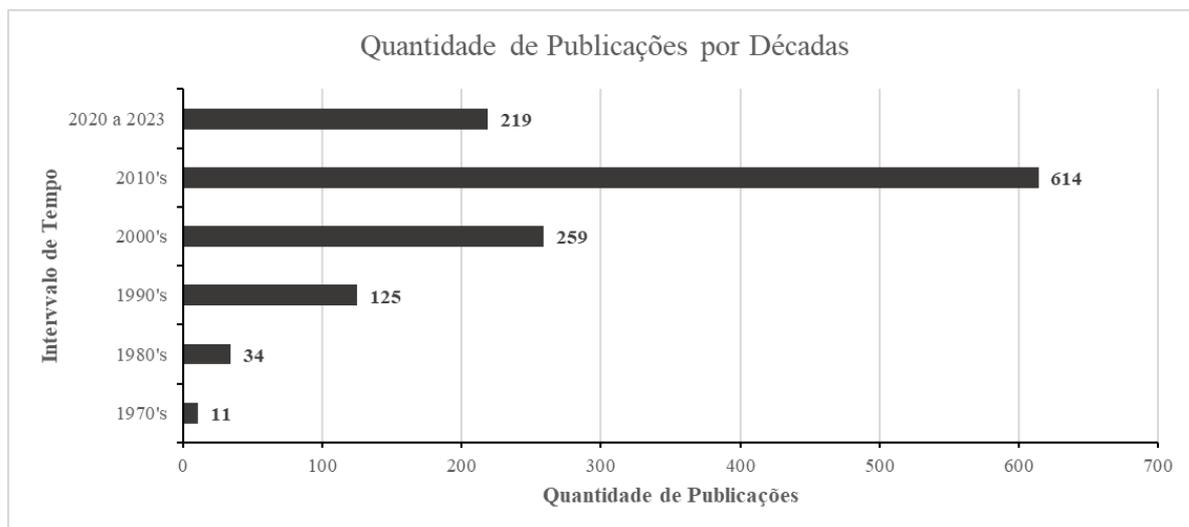
Analisando a pesquisa sobre acidentes na indústria petroquímica encontradas na base de dados da Scopus utilizando as palavras chaves “Accidents” e “Petrochemical” (“Acidentes” e “Petroquímica” traduzidas para o idioma da plataforma) é possível identificar que a produção mundial de documentos científicos que abordam a temática de acidentes na indústria petroquímica iniciou em 1970, 50 anos após o surgimento da primeira indústria petroquímica, a Standart Oil em 1920 nos Estados Unidos, conforme Torres (1997).

O crescimento das produções literárias foi gradual e apresentou a maior quantidade anual produzida no ano de 2019 quando 109 estudos foram identificados na plataforma, os anos posteriores apresentaram uma tendência decrescente de publicações. Após o acidente de Bhopal, na Índia houve uma crescente evolução de produção científica sobre a temática de acidentes em empresas petroquímicas, foi a partir do ano de 1984, o ano do acidente indiano que resultou na morte de quase 4 mil pessoas, que a produção mundial sobre o tema evoluiu de forma mais acentuada.

Nota-se também que a produção literária científica acerca do tema entre os anos de 2020 e 2023 está próxima ao valor obtido no decorrer de 10 anos entre 2000 e 2009, o que torna evidente a evolução de publicações sobre acidentes na indústria petroquímica. Até o momento de produção deste trabalho foram identificadas 1.262 produções científicas sobre a temática, a

Figura 6.11 demonstra o comportamento da quantidade de produções literárias por décadas.

Figura 6.11 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (Palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”)

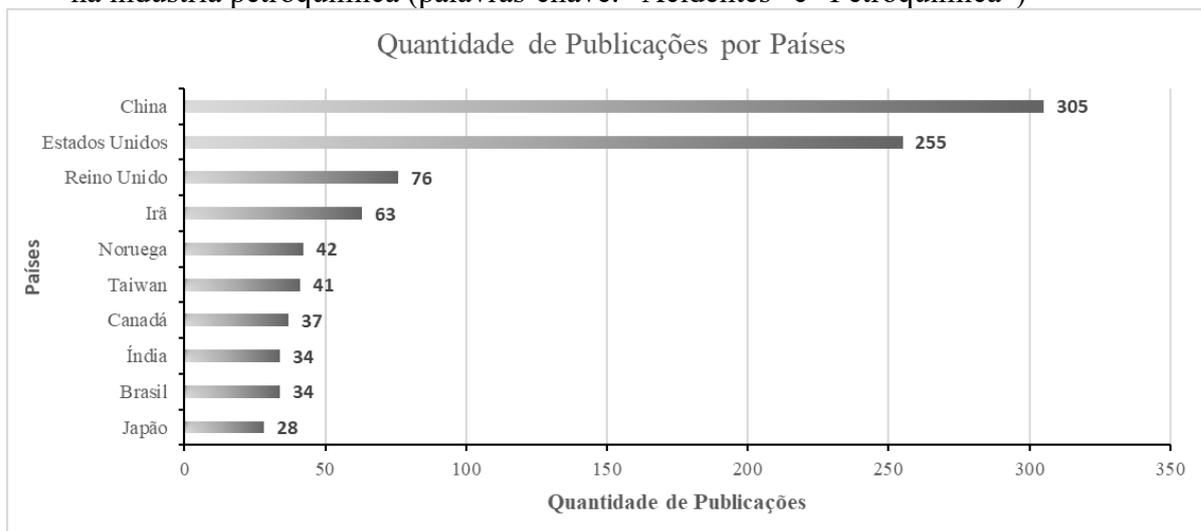


Fonte: SCOPUS elaborado pelo autor.

No cenário mundial o Brasil é apenas o 9º maior produtor sobre a temática com 34 publicações realizadas, porém 3 documentos foram publicados em dois locais diferentes contabilizando a produção científica na sua totalidade de 31 documentações, enquanto a China lidera a produção com mais de 370 publicações realizadas do ano de 1970 até o momento de produção deste documento em 2023.

Países como Estados Unidos, onde ocorreu a explosão na fábrica de fertilizantes no Texas em 2013 provocando centenas de ferido e a morte de 15 pessoas, Reino Unido, onde ocorreu o desastre de Flixborough em 1974 e Irã, país onde ocorreu um dos maiores incêndios da história, o incêndio na refinaria de Abadan em 1978, aparecem logo após a China. A Figura 6.12 demonstra os 10 países com a maior quantidade de publicações sobre a temática.

Figura 6.12 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”)



Fonte: SCOPUS elaborado pelo autor.

Apesar da indústria petroquímica brasileira surgir no mesmo período do surgimento da segmentação industrial no mundo, conforme Torres (1997), seu desenvolvimento ocorreu de forma mais significativa na década de 1950.

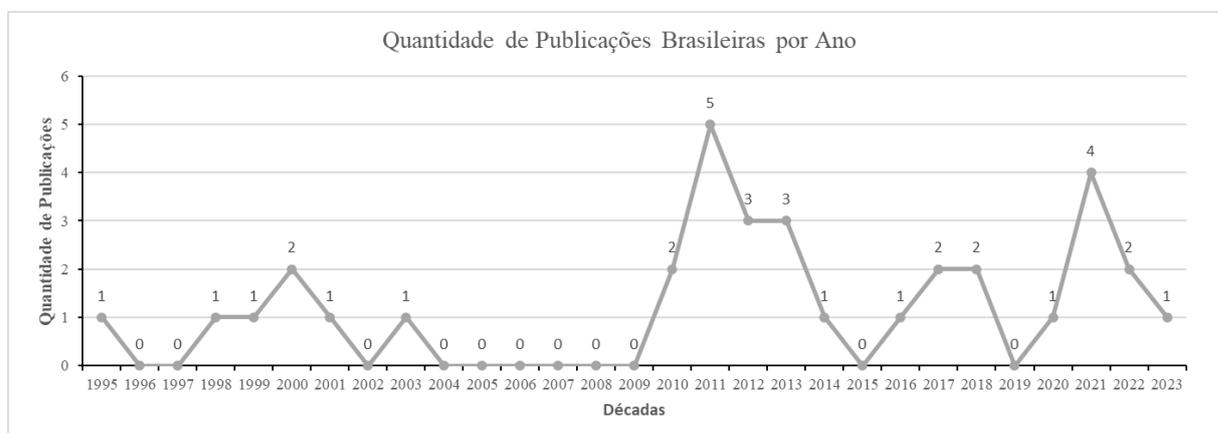
Foram identificadas publicações brasileiras referentes a acidentes na indústria petroquímica somente a partir do ano de 1995, 45 anos após o desenvolvimento da indústria petroquímica nacional e 35 anos após a publicação do primeiro periódico sobre a temática, quando Marcelos (1995) publicou um artigo que relacionava a produção industrial e a proteção ambiental.

Assim como no cenário global, a produção literária científica nacional sobre acidentes na indústria petroquímica iniciou de forma tardia, porém ao contrário da evolução gradual de documentos produzidos sobre o tema, a quantidade de literatura brasileira produzida anualmente apresentou oscilações e, entre os anos de 2004 e 2009, não foram localizados documentos publicados abordando acidentes na indústria petroquímica na plataforma Scopus.

No ano de 2011 ocorreu a maior quantidade de publicações de trabalhos referentes ao tema em que cinco documentos foram identificados, porém dois trabalhos foram publicados em plataformas diferentes, logo a quantidade real de trabalhos foi de 3 produções literárias, semelhante ao ano de 2012. Até o mês de junho de 2023 apenas 1 publicação sobre o tema foi identificada, o artigo de SANTO (2023) foi publicado no jornal Sensors. O comportamento da quantidade de publicações nacionais na plataforma Scopus é ilustrada no gráfico da

Figura 6.13.

Figura 6.13 – Publicações nacionais por Ano na Scopus (Palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”)



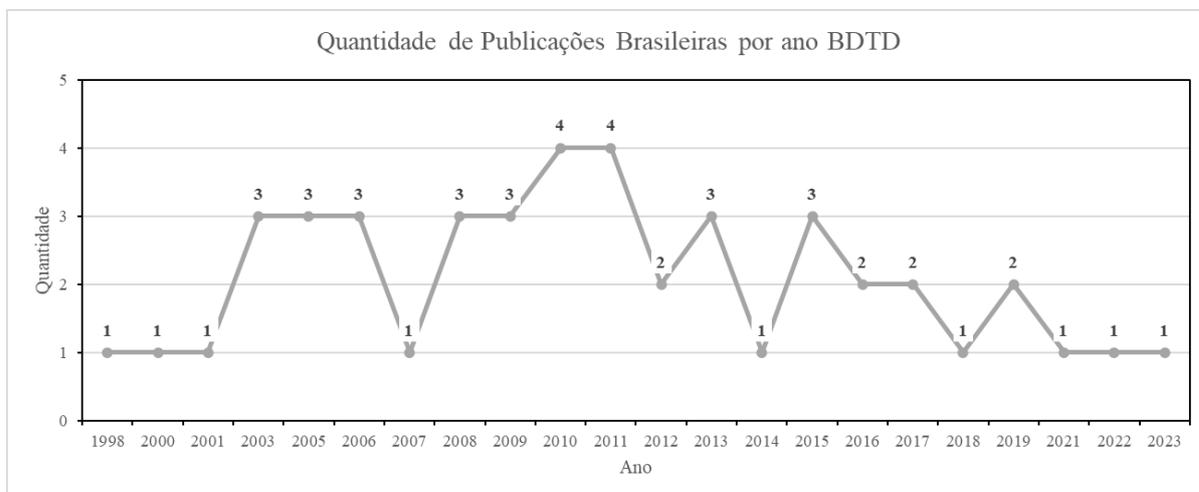
Fonte: SCOPUS elaborado pelo autor.

A BDTD apresenta 46 trabalhos abordando a temática de acidentes na indústria petroquímica, sendo o primeiro trabalho publicado no ano de 1998, 3 anos após o primeiro periódico publicado identificado na Scopus, produzido por Lieber (1998) em sua tese de doutorado sobre os acidentes de trabalho em empresas do setor petroquímico intitulada Teoria e metateoria na investigação da causalidade: o caso do acidente de trabalho, como demonstra a Figura 6.14.

Grandes acidentes ocorridos em território nacional não impactaram de forma significativa a produção literária brasileira. Como, por exemplo, o acidente ocorrido em Cubatão em 1984 que resultou em vazamentos de produtos químicos causando sérios danos ambientais, considerado um dos piores desastres industriais da história do país, não geraram a produção direta de nenhum trabalho, com a busca realizada no banco de dados da BDTD, no caso de Cubatão, mesmo após 10 anos do seu acontecimento, entre os anos de 1984 e 1994 não foram identificados documentos científicos publicados na BDTD relacionados sobre o ocorrido.

O comportamento da produção nacional apresentou sua maior produção anual ao atingir a marca de quatro trabalhos publicados nos anos de 2010 e 2011, cenário semelhante à busca realizada no banco de dados da Scopus. O trabalho mais recente publicado na plataforma é referente à utilização do biodiesel S10 e de espuma para controle de acidentes, mais especificamente de incêndios, a tese publicada pertence a Chinellato (2023) com título Avaliação do potencial de biorremediação de diesel S10 e de espuma para controle de incêndio (AFFF) por bactérias heterotróficas isoladas de sedimentos do Estuário de Santos-SP.

Figura 6.14 – Produção Nacional BDTD (Palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”)



Fonte: BDTD coletado pelo autor.

Em ambas as plataformas, a produção brasileira sobre acidentes industriais no setor petroquímico é reduzida e não demonstra um cenário positivo para o aumento de publicações, visto que, mundialmente, a produção científica sobre a temática demonstra crescimento quantitativo.

Analisando as principais áreas de pesquisa das publicações nacionais na base de dados Scopus é possível perceber a predominância das engenharias em geral, tais como engenharia de segurança, oceânica e química, representando aproximadamente um terço das publicações, porém algumas outras áreas de pesquisa contribuem para o tema, tais como medicina e ciências sociais com sete publicações, química aparece logo após com 6 publicações como mostra a Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Produção Nacional por área de pesquisa Scopus (Palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”)

Área de Pesquisa	Quantidade de Publicações	Porcentagem de Publicações
Engenharia	21	26,9%
Engenharia Química	11	14,1%
Medicina	7	9,0%
Ciências Sociais	7	9,0%
Química	6	7,7%
Energia	6	7,7%
Ciência da Computação	5	6,4%
Ciências Ambientais	4	5,1%
Ciência dos Materiais	3	3,8%
Bioquímica, Genética e Biologia Molecular	2	2,6%
Outros	6	7,7%

Fonte: SCOPUS elaborado pelo autor.

A BDTD retrata um cenário diferente da Scopus em relação à representatividade de cada setor ao indicar a presença da Engenharia Química como líder em publicações acerca de acidentes na indústria petroquímica com 10 publicações (22% do total), assim como a produção do setor engenharia que contabilizou 24 publicações, logo mais da metade das publicações sobre o tema são oriundas do campo da engenharia. Outro destaque positivo é o setor da saúde que representa mais de 10% das publicações nacionais como indica a Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Produção Nacional por área de pesquisa BDTD (palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”)

Área de Pesquisa	Quantidade de Publicações	Porcentagem de Publicações
Engenharia Química	10	21,7%
Saúde	5	10,9%
Engenharia mecânica	5	10,9%
Administração	4	8,7%
Química	4	8,7%
Geociências	3	6,5%
Engenharia Petróleo	3	6,5%
Engenharia Elétrica	3	6,5%
Engenharia Ambiental	2	4,3%
Desenvolvimento Regional e Urbano	1	2,2%
Biodiversidade	1	2,2%
Biologia Química	1	2,2%
Psicologia	1	2,2%
Biotecnologia	1	2,2%
Engenharia Industrial	1	2,2%
Ciências Biológicas	1	2,2%

Fonte: BDTD, 2023 elaborado pelo autor.

Ao analisar a produção por autores e instituições, percebe-se a presença de empresas particulares na base Scopus, como a Petrobras, que é a principal responsável por publicações em periódicos, com seis publicações realizadas, o que representa aproximadamente 15% da produção nacional. Em seguida, destacam-se as universidades federais da Bahia, São Paulo e Rio Grande do Norte.

Vale ressaltar que o estado da Bahia, por possuir o polo industrial de Camaçari, e o estado de São Paulo possuem diversas indústrias petroquímicas. Entre elas, a Braskem, maior petroquímica da América Latina, a Nitro Química, uma empresa brasileira, e a Fafen-BA, uma unidade da Petrobras que se dedica principalmente à produção de fertilizantes, mas também possui processos petroquímicos em sua operação, todas localizadas na Bahia. Já o estado de São Paulo conta com a presença de outras empresas petroquímicas, como a Dow Química, uma multinacional do setor, e a Innova, uma empresa brasileira. Em contrapartida o estado do Rio Grande do Norte, apesar de não apresentar grandes indústrias petroquímicas, apresenta no ranking de instituições com mais publicações sobre o setor no que se refere a acidentes, como abordado na Tabela 6.3. As instituições realizam cooperação no trabalho de outras organizações, logo foram contabilizadas as publicações originadas na instituição e as participações dessas organizações na análise da base da Scopus. Em relação aos autores, apenas dois autores apresentaram recorrência na publicação de periódicos referentes à temática, são

eles Squillante Jr, responsável pela publicação de trabalhos referentes à projetos de sistemas segurança e Fragoso que realizou estudos sobre análises de risco em indústria de petróleo e petroquímicas.

Tabela 6.3 - Produção Nacional por Instituição Scopus (palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”)

Instituição	Quantidade de Publicações	Porcentagem de Publicações
Petrobras	6	15,8%
Universidade Federal da Bahia	5	13,2%
Universidade de São Paulo	4	10,5%
Universidade Federal do Rio Grande do Norte	3	7,9%
Universidade Federal do Rio Grande	2	5,3%
Ministério do Trabalho	2	5,3%
Universidade Federal do Rio de Janeiro	2	5,3%
Eaton Corporation	2	5,3%
Universidade Federal de Pernambuco	2	5,3%
Inst. Federal de Educação Ciência e Tecnologia de SP	2	5,3%
Outras	31	82%

Fonte: Scopus, 2023 elaborado pelo autor.

Analisando os trabalhos identificados na BDTD é possível notar que o cenário é semelhante ao encontrado na Scopus com destaque para a Universidade Federal da Bahia ao realizar a publicação de cinco trabalhos, assim como a universidade Federal do Rio Grande do Norte e a UNICAMP. A relação completa das instituições é apresentada na Tabela 6.4. Não foram identificados autores com recorrência na publicação de trabalhos científicos acerca do tema.

Tabela 6.4 - Produção Nacional por Instituição BDTD (palavras-chave: “Acidentes” e “Petroquímica”)

Instituição	Quantidade de Publicações	Porcentagem de Publicações
Universidade Federal da Bahia (UFBA)	5	5,4%
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)	5	5,4%
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	5	5,4%
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)	4	4,3%
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	3	3,3%
Universidade Estadual Paulista (UNESP)	2	2,2%
Universidade Salvador (UNIFACS)	2	2,2%
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)	2	2,2%
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	2	2,2%
Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ)	2	2,2%
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP)	1	1,1%
Universidade de Taubaté (UNITAU)	1	1,1%
UNIFESP	1	1,1%
UTFPR	1	1,1%
UFMG	1	1,1%
UERJ	1	1,1%
UFF	1	1,1%
UFAL	1	1,1%
UNISINOS	1	1,1%
FURG	1	1,1%
USP	1	1,1%
UFSC	1	1,1%
IEN	1	1,1%
UFPA	1	1,1%
<b>Total Geral</b>	<b>46</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: BDTD, 2023 elaborado pelo autor.

As palavras chaves mais comuns relativas ao tema na BDTD foram acidentes (acidentes, acidentes de trabalho, acidentes do trabalho e acidente de trabalho foram levados em consideração para a contagem de palavras chave “acidentes”) presente na palavras chave de seis trabalhos distintos, batimetria, eletroquímica e biodegração presentes em três trabalhos, foram contabilizadas 261 palavras chaves diferentes e apenas 26 palavras chaves apresentaram recorrência em mais de 1 trabalho, o que indica a variedade dos trabalhos que abordam diferentes temáticas sobre acidentes em petroquímicas. A palavra-chave” batimetria” estava contida em trabalhos relacionados à engenharia de Petróleo e Geociências, já a palavra “biodegradação” foi presente em trabalhos referentes ao curso de Química, Biodiversidade e

Ciências Biológicas e “acidentes” em trabalhos do curso de Administração, Engenharia Química, Desenvolvimento Regional e Urbano e trabalhos na área da saúde.

Já na plataforma Scopus as palavras chaves mais recorrentes foram Prevenção de Acidentes presente em 16 periódicos publicados, Industria Petroquímica presente em 13 periódicos publicados e Avaliação de Risco presente em 8 periódicos publicados, demonstrando um cenário diferente da BDTD, a recorrência das palavras chaves da Scopus apresenta um cenário com uma redução da diversidade de trabalhos, com publicações mais voltadas ao cenário análises de riscos e segurança de processos. Foram identificadas 161 palavras-chave com apenas 51 palavras presentes em apenas 1 publicação.

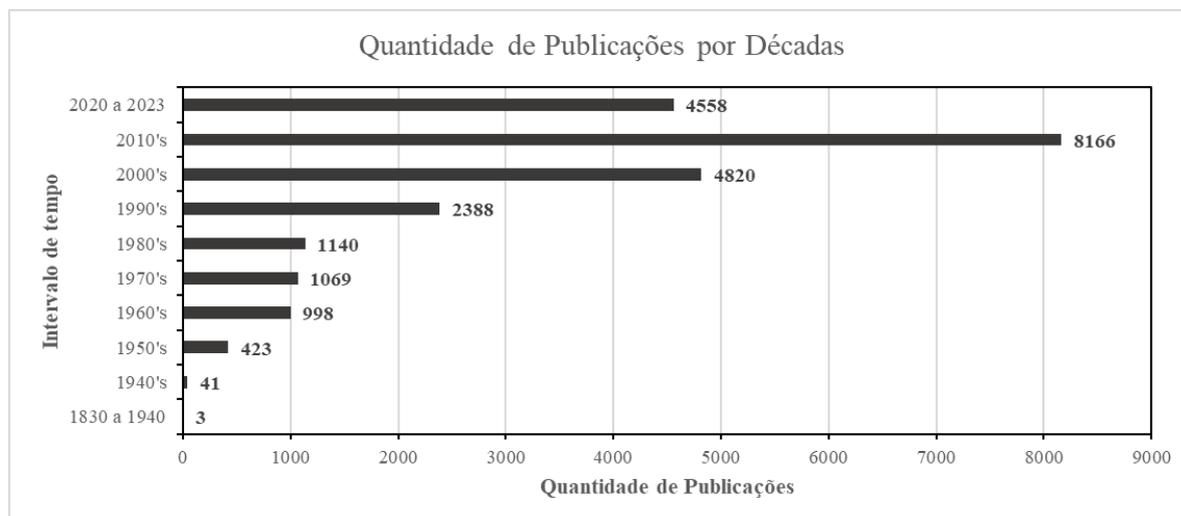
### 6.1.2. Pesquisa utilizando as palavras-chave “Acidente” e “Industrial”

A indústria tem suas raízes nas primeiras formas de produção em larga escala, no período conhecido como Revolução Industrial que ocorreu na Inglaterra na metade do século XVIII, por volta do ano de 1760, segundo Santos (2011). Acidentes em instalações industriais ocorriam com frequência durante o período da primeira revolução industrial, devido às condições adversas das instalações e longas jornadas de trabalho pelos trabalhadores.

Analisando a pesquisa sobre acidentes na indústria utilizando a base de dados da Scopus utilizando as palavras chaves “Industrial” e “Accidents” (“Acidentes” e “industrial”) é possível notar que, apesar da primeira publicação sobre a temática ter sido realizada em 1830, 70 anos após o início da primeira revolução industrial, houve apenas três publicações sobre acidentes na indústria em um intervalo de 110 anos.

A partir do ano de 1944, durante o período da segunda guerra mundial, a produção literária apresentou, além de constante publicações, um aumento no número de documentos publicados. O ápice quantitativo de produções sobre o tema ocorreu em 2022, 1374 publicações foram realizadas. Figura 6.15 demonstra o comportamento crescente de publicações mundiais sobre acidentes industriais, é possível notar um aumento de documentos publicados de 1830 à década de 40, seguido por uma tendência de manutenção de valores entre as décadas de 60 e 80, seguido por um expressivo aumento nas décadas seguintes. Apesar de apenas três anos e seis meses de publicações de periódicos, a década atual apresenta mais de 50% de produção em comparação à década anterior indicando que a tendência de crescimento literário deve permanecer como observado nos períodos anteriores.

Figura 6.15 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (Palavras-chave: “Acidentes” e “Industrial”)

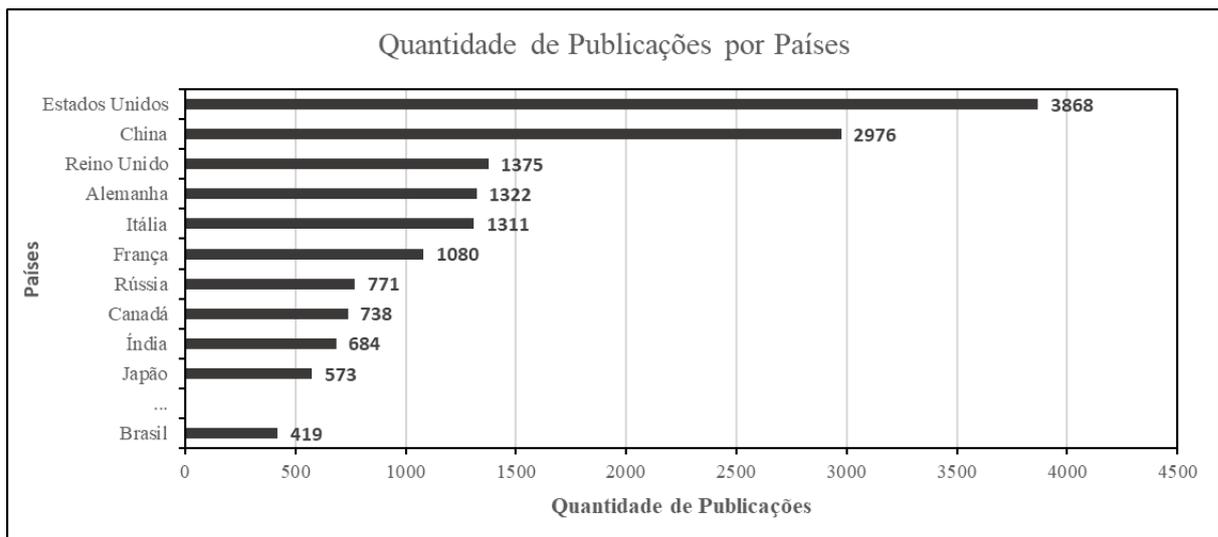


Fonte: SCOPUS elaborado pelo autor.

Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT) o Brasil é o 4º país com maior quantidade de acidentes fatais no ambiente de trabalho, conforme citado por MINISTÉRIO DA SAÚDE. Porém no cenário mundial de produção científica sobre a temática, o Brasil ocupa a 14º posição ao apresentar 419 periódicos publicados, aproximadamente 10% da produção norte-americana, que apresenta a maior quantidade de documentação publicada, e aproximadamente 2% da produção mundial dos periódicos publicados na plataforma Scopus conforme demonstrado na

Figura 6.16 que demonstra os 10 países, acrescidos do Brasil, com a maior quantidade de publicações.

Figura 6.16 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (Palavras-chave: “Acidentes” e “Industrial”)



Fonte: SCOPUS elaborado pelo autor.

Apesar do início da industrialização no Brasil ocorrer no final do século XIX e início do século XX, além do intenso crescimento da indústria nacional na década de 1930, com a política de substituição de importações realizada pelo governo devido ao cenário de guerra mundial, as produções literárias brasileiras iniciaram somente em 1972, ano da regulamentação da formação técnica em Segurança e Medicina do Trabalho no Brasil, com a publicação de dois trabalhos acerca de condutas preventivas em acidentes oculares e sobre o papel do Instituto Nacional de Previdência Social nos acidentes de trabalho. Entre os anos de 1972 e 1989 apenas quatro publicações sobre acidentes industriais foram identificados. Foi a partir do ano de 1995

que a produção se tornou constante apresentando crescimento até o ano de 2021 onde 35 publicações de periódicos foram realizadas. A

Figura 6.17 apresenta produção dos 419 periódicos publicados entre a década de 1970 ao cenário atual. Os setores com maiores publicações literárias científicas foram o setor da engenharia, juntamente com ciência da computação e medicina, com representatividade, ao todo, de aproximadamente 50%, a engenharia química aparece logo após com 59 publicações.

Figura 6.17 – Publicações nacionais na Scopus (Palavras-chave: “Acidentes” e “Industrial”)

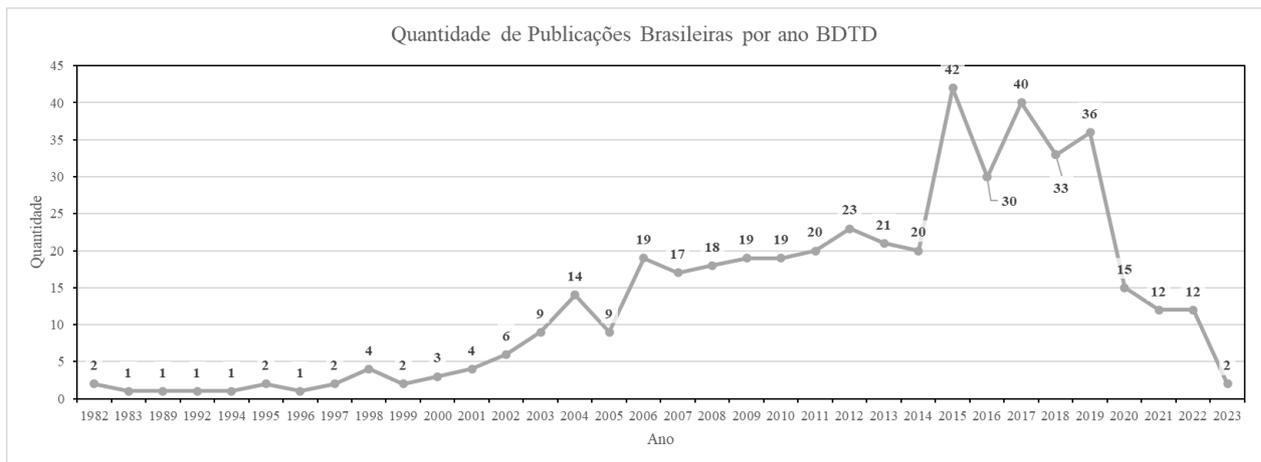


Fonte: SCOPUS elaborado pelo autor.

A BDTD apresenta 460 trabalhos abordando a temática de acidentes industriais, superior ao valor identificado na Scopus, com os primeiros trabalhos publicados no ano de 1982 por Reginaldo Vello Loureiro e Manoel Amiratti Perez, ambos trabalhos abordando higiene e segurança do trabalho. Desde então a quantidade de literatura científica nacional apresentou constância ao apresentar entre 1 e 4 documentos produzidos anualmente entre 1982 e 2001, conforme mostra a Figura 6.18. Entre 2002 e 2015, o cenário de evolução da produção anual predominou sendo o ano de 2015 o ano com maior quantidade de documentos produzidos, 42

produções literárias, porém os anos posteriores apresentaram um cenário de involução. As áreas de pesquisa com maiores participações foram Segurança do trabalho e Acidentes do trabalho, estas áreas de pesquisa são consideradas distintas na BDTD, com 55 trabalhos provindos destas áreas, Segurança Industrial, com 17 trabalhos, e Avaliação de riscos, que apresentou 16 documentos.

Figura 6.18 – Produção Nacional BDTD (Palavras-chave: “Acidentes” e “Industrial”)



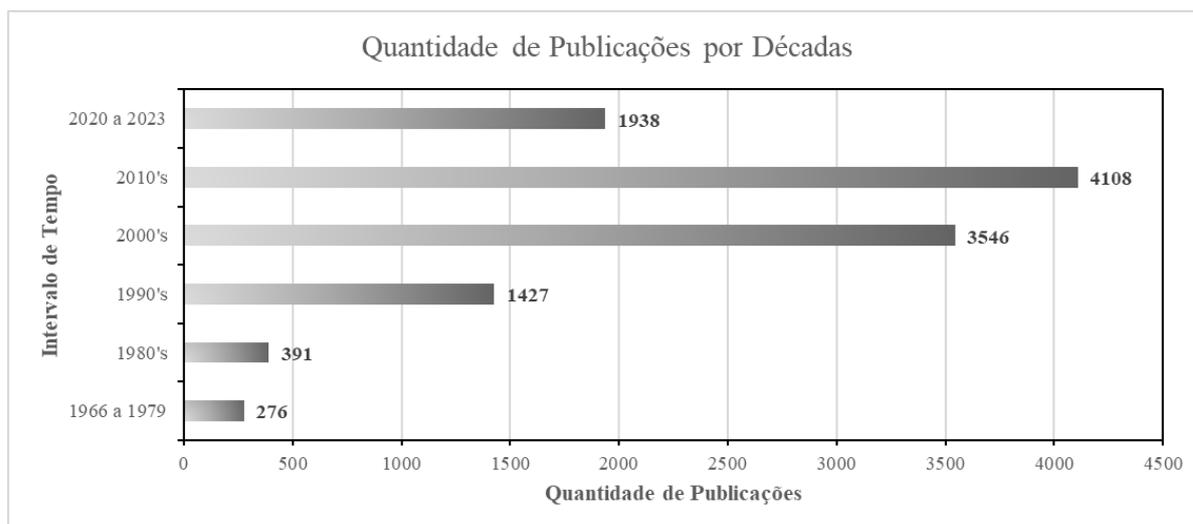
Fonte: BDTD elaborado pelo autor.

A consulta ao banco de dados da BDTD retorna uma quantidade superior de documentos, 460, em relação à consulta realizada na Scopus, onde 419 periódicos foram identificados, porém a publicação mais antiga identificada na BDTD foi realizada no ano de 1982, 10 anos após a publicação mais antiga da Scopus, o que demonstra que os trabalhos de conclusão de cursos, teses de mestrados e de doutorados no cenário nacional ocorrem com uma frequência maior que a publicação de artigos e apresentações de trabalhos em conferências sobre a temática.

### 6.1.3. Pesquisa utilizando as palavras-chave “Indústria” e “Petroquímica”

Analisando a pesquisa sobre a indústria petroquímica utilizando a base de dados da Scopus utilizando as palavras chaves “Petrochemical” e “Industry” (“Petroquímica” e “Indústria”) é possível notar que, a primeira publicação sobre a temática ocorreu em 1966, 4 anos antes da primeira publicação identificada sobre acidentes na indústria petroquímica. O aumento da produção literária sobre indústria petroquímica foi predominante até o ano de 2004 no qual foram observadas 526 publicações de periódicos, porém o ano de 2021 foi o que apresentou o maior número de documentos identificados, 604 publicações. Ao todo foram identificadas 11.515 publicações sobre a temática sendo artigo o tipo de documento observado mais recorrente, representando 63% da quantidade total. A Figura 6.19 demonstra o quantitativo de documentos publicados por décadas.

Figura 6.19 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (Palavras-chave: “Indústria” e “Petroquímica”)

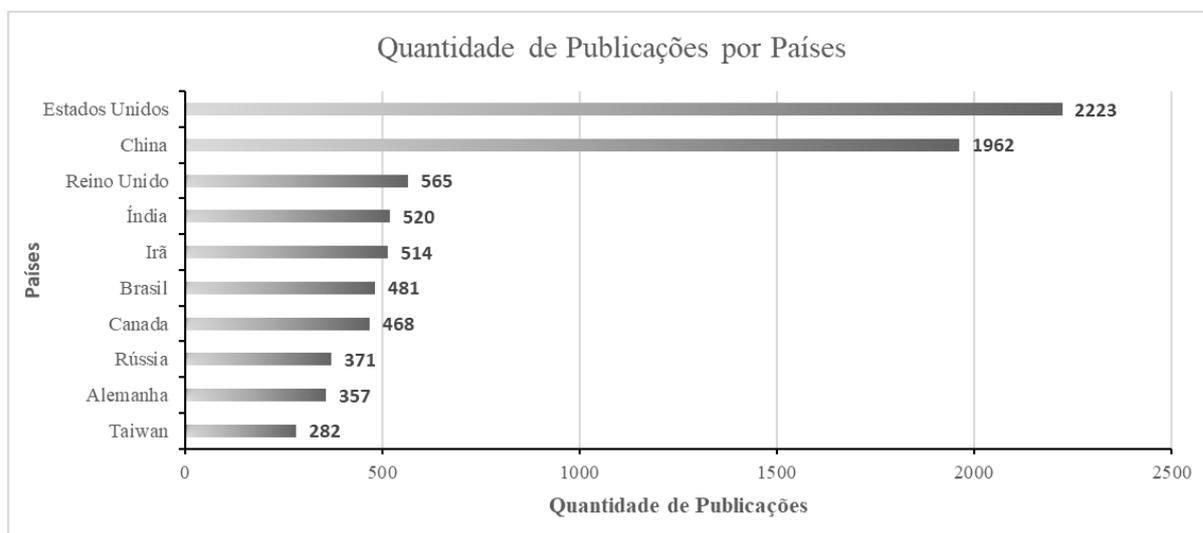


Fonte: SCOPUS elaborado pelo autor.

Entre os 10 países com maiores quantidade de publicações sobre a indústria petroquímica, conforme ilustrado na Figura 6.20, o Brasil ocupa a 6ª posição com 481 publicações sobre o tema, posição compatível com o cenário de faturamento da indústria química brasileira em relação ao cenário global, onde o país também ocupa a 6ª colocação conforme o gráfico presente na Figura 6.20.

Estados Unidos e China ocupam as primeiras posições em conjunto com o Reino Unido, assim como na consulta com as palavras-chave “Acidente” e “Petroquímica” e na consulta com as palavras-chave “Acidente” e “Indústria” apresentando comportamento semelhante.

Figura 6.20 – Publicações mundiais de estudos científicos sobre acidentes na indústria petroquímica (palavras-chave: “Indústria” e “Petroquímica”)

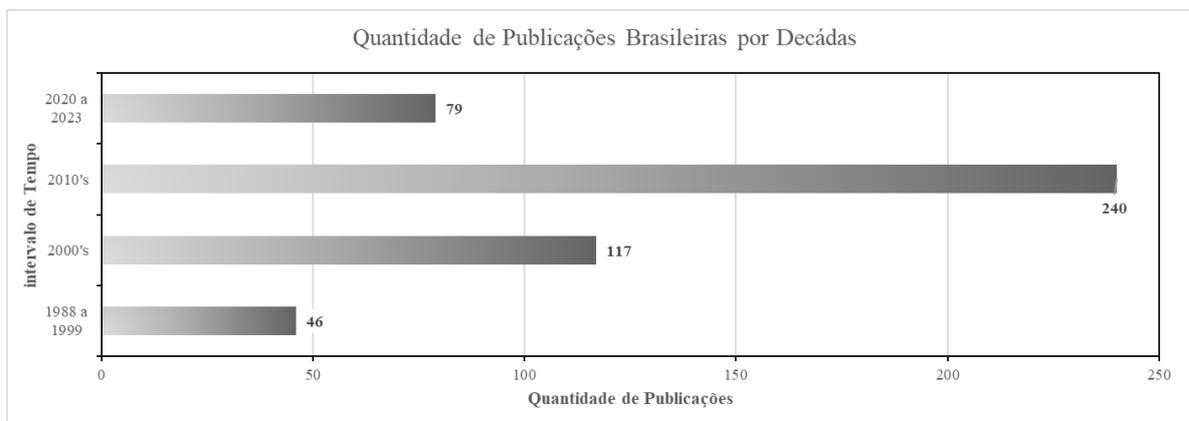


Fonte: SCOPUS coletado pelo autor.

A indústria petroquímica brasileira recebeu o primeiro grande impulso em 1952 quando a Refinaria Presidente Bernardes teve sua construção iniciada, porém no início da década fábricas de poliestireno e fábricas de policloreto de vinila já haviam sido instaladas segundo Torres (1997). Entretanto a primeira literatura científica nacional sobre a indústria petroquímica identificada no banco de dados da Scopus foi publicada em 1988, quando sete publicações foram localizadas.

Entre os anos de 1988 e 2022 o aumento da quantidade de publicações anuais acerca do tema apresentou um cenário de evolução predominante, sendo o ano de 2016 o ano com a maior quantidade de produções literárias científicas sobre a indústria petroquímica ao apresentar 32 documentos publicados. A evolução literária por décadas, como demonstrado na Figura 6.21 reforça o aumento da produção anual, identificando 482 periódicos nacionais publicados, valor superior à quantidade de documentos sobre acidentes industriais identificados.

Figura 6.21 – Publicações nacionais na Scopus (Palavras-chave: “Indústria” e “Petroquímica”)



Fonte: SCOPUS elaborado pelo autor.

Analisando o banco de dados da BDTD é possível identificar 810 trabalhos abordando a temática indústria petroquímica, superior ao valor identificado na Scopus sendo o primeiro trabalho identificado referente ao ano de 1980, desde então a produção nacional apresentou uma evolução quantitativa até o ano de 2017, ano com a maior quantidade identificada ao apresentar 61 trabalhos produzidos. A Figura 6.22 demonstra a produção anual sobre o tema.

A involução entre 2017 e 2022 foi o cenário observado durante o período, o ano de 2022 retornou cerca de 40% da quantidade de trabalhos identificados em 2017. As áreas de pesquisa predominantes na consulta foram Engenharia de Petróleo e Engenharia Química respectivamente apresentando em conjunto 126 documentos produzidos pelas áreas.

Figura 6.22 – Produção Nacional BDTD (Palavras-chave: “Indústria” e “Petroquímica”)



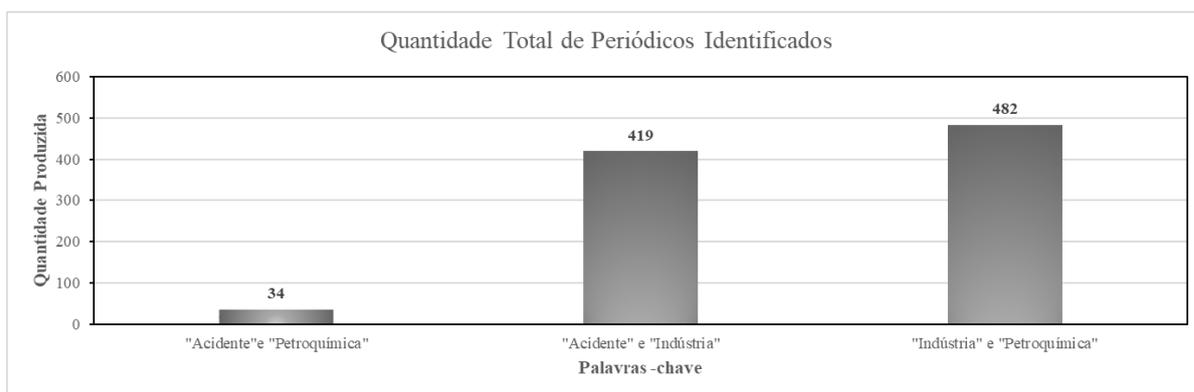
Fonte: BDTD elaborado pelo autor.

A consulta ao banco de dados da BDTD retorna uma quantidade superior de documentos, 810, em relação à consulta realizada na Scopus, onde 482 periódicos foram identificados, além de apresentar a publicação mais antiga identificada, sendo realizada no ano de 1980, 8 anos antes da publicação mais antiga da Scopus.

#### 6.1.4. Comparativo Resultados

O comparativo dos resultados no banco de dados da plataforma Scopus demonstra a diferença quantitativa entre os periódicos produzidos relacionados a acidentes industriais e indústria petroquímica em relação à busca realizada por acidentes na indústria petroquímica, demonstrando a carência da produção científica nacional acerca do tema, como demonstrado na Figura 6.23. A quantidade de documentos publicados com as palavras-chave “acidentes” e “petroquímica” são inferiores a 10% dos resultados obtidos com o uso das palavras-chave “acidentes” e “indústria”, além do resultado com “indústria” e “petroquímica”, demonstrando baixo interesse literário acerca do tema acidentes na indústria petroquímica. Fato que contrasta com a importância deste setor industrial em termos de faturamento e geração de empregos, além das graves consequências que os acidentes petroquímicos provocam nos colaboradores e região ao redor do acidente.

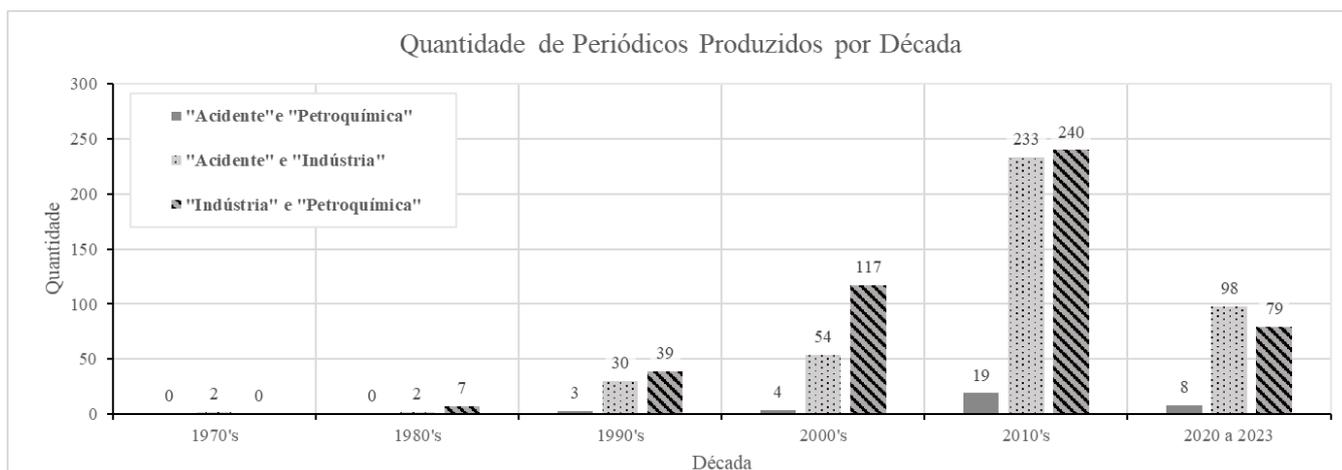
Figura 6.23 – Quantidade de Periódicos Identificados por palavras-chave na Scopus



Fonte: Scopus modificado pelo autor.

O comportamento da quantidade literária produzida nacionalmente se repete ao observar a variação das produções ao longo das décadas analisadas, a quantidade de periódicos produzida sobre acidentes na indústria petroquímica é inferior a quantidade aferida nas demais consultas, como ilustra a Figura 6.24.

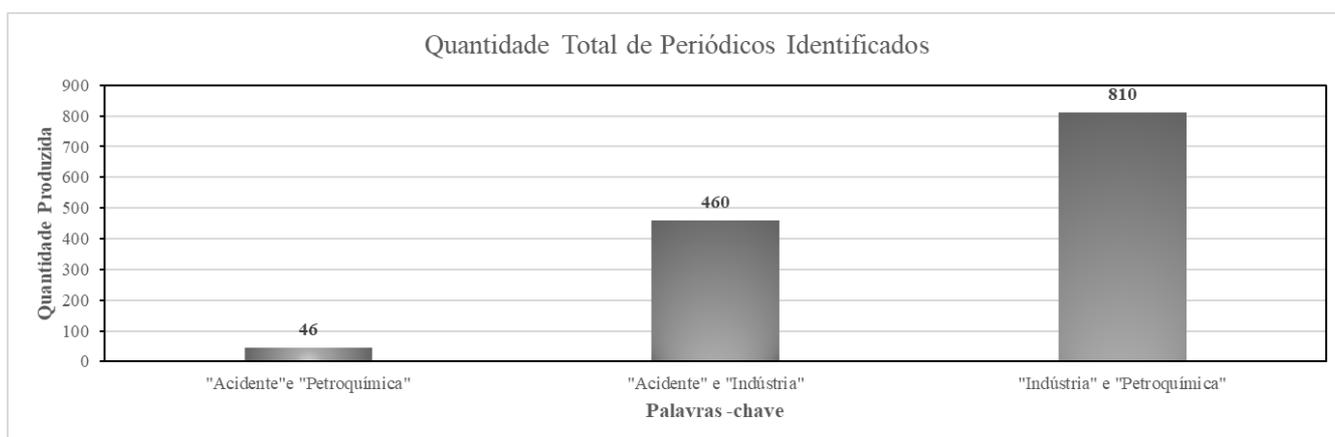
Figura 6.24 - Comparativo Produção Nacional por Década na plataforma Scopus



Fonte: Scopus elaborado pelo autor.

O comparativo dos resultados no banco de dados da plataforma BDTD entre a busca por produções literárias científicas acerca do tema acidentes na indústria petroquímica e acidentes industriais retorna um resultado semelhante ao encontrado no banco de dados da Scopus, como retratado na Figura 6.25, porém ao comparar a quantidade de documentos produzidos sobre a indústria petroquímica a diferença entre as quantidades é superior que a relação observada na plataforma Scopus. Para cada 20 documentos produzidos sobre indústria petroquímica, aproximadamente, apenas 1 documento refere-se aos acidentes deste segmento industrial.

Figura 6.25 - Comparativo Produção Nacional por Década na plataforma BDTD

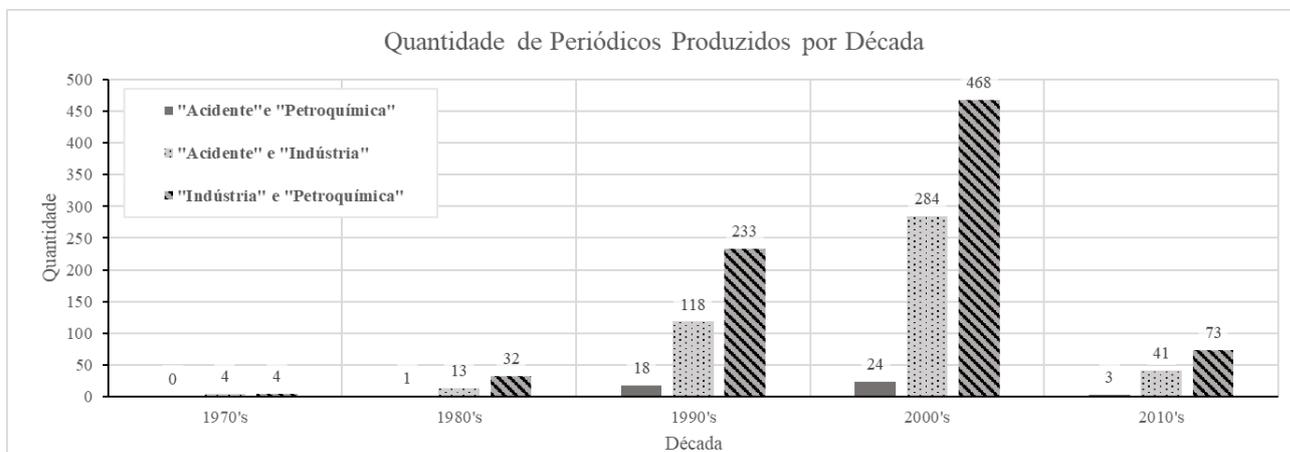


Fonte: BDTD elaborado pelo autor.

O comportamento da quantidade literária produzida nacionalmente se repete ao observar a variação das produções ao longo das décadas analisadas, assim como observado na análise de

periódicos da Scopus. A produção científica acerca do tema identificada na BDTD é bastante inferior à quantidade identificada nas demais consultas, assim como demonstra a Figura 6.26.

Figura 6.26 - Comparativo Produção Nacional na plataforma BDTD



Fonte: BDTD modificado pelo autor.

## 6.2. Principais causas e fatores de risco identificados nos estudos

Diversos motivos foram identificados como fatores importantes para a ocorrência de acidentes laborais no setor petroquímico, a falha humana é presente em praticamente todos os trabalhos que envolvem a temática deste documento, tais como Ramos (2020) onde o autor afirma que mais de 80% dos acidentes em indústrias químicas e petroquímicas têm a falha humana como principal causa, afirmando também que não é comum a busca da prevenção deste problema. Porém trabalhos como Bayma (2021) trazem a ideia de que a falha humana não é mais a principal causa de acidentes, mas sim a soma de diferentes acontecimentos leva à ocorrência do revés.

A escassez de estudos sobre culturas de segurança no Brasil, afirmado por Gonçalves Filho (2010), é também um obstáculo para a mudança cultural onde a responsabilidade do acidente é do colaborador, impedindo a análise mais profunda e detalhada dos outros fatores que contribuíram para a circunstância. Essa literatura escassa também é abordada na tese de doutorado de Senne Junior (2003) em que o autor supõe uma metodologia para identificação dos riscos de acidentes, visto que, não existiam estudos que permitiam a identificação e predição de acidentes de forma sistematizada.

A privação de sono também é abordada em trabalhos como fator potencial para que imprevistos ocorram. O estudo de Fischer (2000) demonstra que a tendência global nas indústrias químicas e petroquímicas em estender a duração dos turnos de trabalho para 12 horas,

como uma forma de otimizar a força de trabalho e reduzir custos, é controversa e suscita preocupações em relação à diminuição da atenção durante as horas noturnas e à redução e piora da qualidade do sono durante o dia. Os turnos de 12 horas na indústria petroquímica podem ter efeitos negativos no sono dos trabalhadores e na sua capacidade de manter a atenção durante o trabalho noturno.

Silva (2008), em seu estudo, apresenta a implementação de Programas de Gerenciamento de Risco como medida eficiente para a prevenção de acidentes, no trabalho. Silva (2008) demonstrou que à medida que o grau de implementação do programa é realizado, o número de acidentes e incidentes reduzem, Silva também demonstra o quadro da PETROBRÁS relativo ao programa de gerenciamento de riscos que gerou um impacto positivo ao reduzir acidentes e incidentes, o programa adotado é demonstrado no

Quadro 6.1.

Quadro 6.1 - Gestão de Risco da PETROBRÁS

ELEMENTOS		COMENTÁRIOS	
PESSOAL	Conceitual	Compromisso Visível	Gerentes e supervisores devem liderar pelo exemplo. Mostrarão seu compromisso com os programas de segurança, saúde e meio ambiente em visitas constantes à área e praticando os padrões de Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SSMA) reconhecidos e geralmente aceitos.
		Política de Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SSMA)	Formalizar uma Política de SSMA com a aprovação do nível hierárquico mais alto da organização.
	Estruturais	Organização Integrada	A gestão será efetuada de forma integrada. Além da gestão de SSMA, pode incluir, também, as gestões de qualidade e responsabilidade social.
		Responsabilidade da Liderança	As responsabilidades da liderança serão definidas claramente, incluindo níveis de delegação.
		Metas e Objetivos Desafiadores	A Política de SSMA será desdobrada como um planejamento estratégico e gerará metas e objetivos desafiadores os quais podem compor o Balanced Score Card (BSC) de cada site.
		Profissionais de Segurança, Saúde e Meio Ambiente	Um quadro de profissionais de SSMA treinados e capacitados para impulsionar os objetivos e metas de SSMA.
	Operacionais	Normas e Procedimentos	Normas e procedimentos serão escritos para que as tarefas sejam realizadas de maneira uniforme e segura. Inicialmente podem ser priorizadas as tarefas críticas.
		Treinamento e Desempenho	Será feito um levantamento das necessidades de capacitação dos empregados para que sejam supridos treinamentos e a avaliação de desempenho.
		Comunicação Eficaz	A comunicação é uma ferramenta para mudança de cultura, por isto a organização desenvolverá meios de comunicação eficazes.
		Motivação, Conscientização e Sensibilização	Todos os funcionários serão envolvidos nas ações de SSMA, a fim de promover motivação, conscientização e sensibilização.
		Auditorias Comportamentais e gerenciais	As auditorias comportamentais serão ferramentas para observar e corrigir os atos inseguros. As auditorias gerenciais avaliarão como está a gestão de SSMA.
		Investigação e Análise de Perdas	As investigações dos incidentes e acidentes e análise de perda ajudarão a evitar que uma ocorrência reincida ao ser encontrada a causa raiz do evento.
		Mudanças de Pessoal	Ter um programa de mudança de pessoas é fundamental para evitar perdas de conhecimento tecnológico, que é um dos fatores de acidentes.
		Contratados	Todos os empregados contratados terão um tratamento similar aos empregados próprios da organização. Antes de contratar uma empresa, a organização fará uma pré-qualificação a fim de avaliar o seu compromisso em SSMA.

Fonte: SILVA, 2008.

Quadro 6.2 - Gestão de Risco da PETROBRÁS continuação

ELEMENTOS		COMENTÁRIOS
INSTALAÇÕES	Qualidade Assegurada	Garantia de que todos os equipamentos e materiais serão adquiridos e instalados, ou usados conforme as boas práticas e padrões mundialmente reconhecidos.
	Revisões de Pré-Partida	Todos os novos projetos e mudanças serão avaliados por uma revisão de pré-partida, a fim de garantir que foram instalados conforme foram projetados e cumprirão com todas as normas de SSMA.
	Integridade Mecânica	Todos os equipamentos críticos para o processo possuirão um programa de manutenção preditiva e preventiva, a fim de garantir que operarão sem falhas ao longo do seu ciclo de vida.
	Mudanças das Instalações	Mudanças em instalações são causas de acidentes em várias indústrias. A empresa terá um programa para garantir que as mudanças nas instalações serão feitas de forma a cumprir com todos os padrões de SSMA.
TECNOLOGIA	Informações de Processo	As informações de processo serão disponibilizadas para aquelas pessoas que mantêm contato com o processo.
	Mudanças de Tecnologia	Tal como mudanças em instalações, as mudanças tecnológicas são causas de acidentes em várias indústrias. A empresa terá um programa para garantir que as mudanças tecnológicas serão feitas de forma a cumprir com todos os padrões de SSMA.
	Estudos de Risco	A empresa fará estudos de riscos para identificar, avaliar e controlar os riscos em suas várias fases: revisões periódicas em projetos, em mudanças de tecnologia ou de instalações.
	Planos de Atendimento a Emergência e Planos de Contingência	Caso ocorra um acidente, é preciso ter uma estrutura formada e capacitada para reduzir a severidade do evento, tanto internamente às instalações como para as comunidades vizinhas.

Fonte: SILVA, 2008.

A gestão de risco da PETROBRÁS inclui diversos elementos que visam garantir a segurança, saúde e meio ambiente nas operações. Esses elementos são divididos em categorias, como pessoal, estruturais, operacionais, instalações e tecnologia.

Na categoria pessoal, destaca-se a importância do compromisso visível da liderança, a formalização de uma política de SSMA e a presença de profissionais treinados nessa área. Na categoria estruturais, ressalta-se a integração da gestão, a definição clara das responsabilidades da liderança e o estabelecimento de metas desafiadoras.

No aspecto operacional, são mencionadas normas, procedimentos, treinamento, comunicação eficaz, motivação dos funcionários, auditorias comportamentais e gerenciais, investigação de incidentes, análise de perdas, gerenciamento de mudanças e tratamento adequado de contratados.

Já nas instalações, destaca-se a garantia de qualidade, revisões de pré-partida, integridade mecânica e gestão de mudanças. Por fim, na categoria de tecnologia, são mencionadas a disponibilização de informações de processo, gestão de mudanças tecnológicas, estudos de risco e planos de atendimento a emergências e contingência.

Esses elementos compõem uma abordagem abrangente para garantir a segurança, saúde e meio ambiente nas atividades da PETROBRÁS, visando prevenir acidentes e minimizar seus impactos.

### **6.3. Medidas de prevenção e mitigação adotadas pelas empresas**

Os estudos analisados demonstram algumas alternativas para a minimização dos acidentes ao atuar na prevenção de sua ocorrência. Alguns indicadores importantes permitem realizar uma análise mais profunda das ocorrências prejudiciais ao ambiente e colaboradores, indicadores tais como o Human Reliability Analysis (Análise de Confiabilidade Humana), citado por Ramos (2020) e Bayma (2021), que possibilita a quantificação dos acidentes provocados por falhas humanas e a análise qualitativa deles, gerando uma predição da potencial falha humana sendo assim uma ferramenta importante na melhoria da cultura de segurança e prevenção de acidentes, porém, segundo Ramos (2020), a falta de mais estudos sobre Human Reliability Analysis é um obstáculo para uma maior implementação dessa ferramenta de forma mais ampla.

Bayma (2021) traz a ideia de que a cultura de segurança é um excelente obstáculo para o aumento e recorrência de acidentes, assim como Goncalves Filho (2010), e o desenvolvimento

de mais estudos sobre o tema, propostas de modelos que possibilitem mensurar a cultura de segurança nas organizações são de grande relevância para redução de acidentes. O estudo de Goncalves Filho (2010), realizado em Camaçari-BA, demonstrou um nível de cultura organizacional elevado nas empresas que participaram do estudo, essas indústrias apresentaram baixos índices de acidentes, a taxa mensurada citada no estudo retratou um cenário de 1 acidente para cada um milhão de homens-hora trabalhada.

A implementação de longos turnos devem levar em consideração o balanço não apenas os aspectos financeiros, mas também os e técnicos, levando em conta os possíveis impactos na segurança e no desempenho dos trabalhadores com a redução da atenção devido aos longos períodos de alerta provocado pelos turnos longínquos.

## 7. CONCLUSÃO

A pesquisa bibliométrica analisou os estudos selecionados sobre acidentes na indústria petroquímica, utilizando as bases de dados Scopus e BDTD. Os resultados revelaram que a produção mundial de documentos científicos nessa área teve início na década de 1970 e apresentou um aumento até 2019, com 109 estudos identificados na plataforma Scopus. No entanto, nos anos seguintes, houve uma tendência de decréscimo das publicações. Após o acidente de Bhopal, na Índia, em 1984, que resultou em milhares de mortes, a produção científica sobre acidentes na indústria petroquímica aumentou significativamente. Porém essa relação de acidente em indústria petroquímica nacional e aumento de produção literária não é observado no cenário brasileiro.

A escassez de informações nacionais acerca do tema de acidentes industriais, em específico acidentes em indústria petroquímicas é um obstáculo para a produção científica nacional, visto que não apresenta melhorias que podem ser utilizadas para o avanço da segurança em ambiente laboral industrial e, por consequência, obstáculo para o avanço de melhorias sobre prevenção de acidentes. O sigilo das informações sobre empresas privadas também contribui para este cenário.

O Brasil é o 9º maior produtor de documentos sobre o tema, com 35 publicações na base Scopus. Comparado com outros países, como China, Estados Unidos, Reino Unido e Irã, o Brasil tem uma produção reduzida. A análise das publicações brasileiras revelou que a área predominante de pesquisa é a engenharia em geral, seguida pela medicina e ciências sociais.

Na base da Scopus, a Petrobras foi a principal instituição responsável pela publicação de periódicos sobre o tema, seguida pelas universidades federais da Bahia, São Paulo e Rio Grande do Norte. Já na BDTD, a Universidade Federal da Bahia, a Universidade Federal do Rio Grande do Norte e a UNICAMP se destacaram como as instituições com maior produção.

As principais causas e fatores de risco identificados nos estudos foram a falha humana, a falta de treinamento adequado, a deficiência nos procedimentos de segurança, as condições precárias de trabalho, a falta de manutenção dos equipamentos, entre outros. Esses fatores ressaltam a importância da prevenção de acidentes, da avaliação de riscos e da implementação de medidas de segurança adequadas na indústria petroquímica.

Em resumo, a pesquisa bibliométrica revelou que a produção científica sobre acidentes na indústria petroquímica apresentou um crescimento quantitativo ao longo do tempo, com destaque para o aumento após o acidente de Bhopal. No entanto, a produção brasileira ainda é limitada em comparação com outros países e não é afetada diretamente com a ocorrência de

acidentes em indústrias petroquímicas nacionais. A análise das áreas de pesquisa, instituições e palavras-chave demonstrou a diversidade de abordagens e a importância de diferentes disciplinas na compreensão e prevenção de acidentes na indústria petroquímica, porém não foi identificada uma área de pesquisa dedicada especificamente para o tema deste trabalho.

Dessa forma, a análise bibliométrica sobre acidentes na indústria petroquímica nacional contribui para o avanço do conhecimento científico e para a melhoria da segurança e saúde ocupacional na indústria petroquímica brasileira. Através da identificação das principais causas e fatores de risco, é possível adotar medidas preventivas e mitigadoras eficazes, reduzindo os riscos de acidentes e melhorando as práticas de segurança na indústria.

A escassez de trabalhos científicos, em conjunto com a falta de um ambiente de fácil acesso a informações sobre acidentes industriais nacionais, são obstáculos para o avanço da prevenção de acidentes e não contribui para a implantação de um ambiente de segurança nas indústrias petroquímicas nacionais.

## 8. REFERÊNCIAS

- Agência Nacional De Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. **Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/boletins/arquivos-bmppgn/2022/2022-02-boletim.pdf>.
- ALMEIDA, I. M. (Org.). **Caminhos da análise de acidentes do trabalho**. Brasília: MTE, SIT, 2003.
- ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis); DPC (Diretoria de Portos e Costas). **Análise do acidente com a plataforma P-36**. Relatório da Comissão de Investigação ANP / DPC. Julho / 2001.
- ARAUJO, C.A. **Bibliometria: Evolução Histórica e Questões Atuais**. Porto Alegre, v. 12, n. 1, p.11-32, jan./jun. 2006.
- ARAÚJO, Carlos AA. **Bibliometria: evolução histórica e questões atuais**. Em questão, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.
- Associação Brasileira Da Indústria Química – ABIQUIM. **A Indústria Química**. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://abiquim.org.br/industriaQuimica>.
- Associação Brasileira Da Indústria Química – ABIQUIM. **O Desempenho Da Indústria Química Brasileira 2022**. Disponível em: [https://www.enaiq.org.br/wp-content/uploads/2022/12/Relatorio\\_2022.pdf](https://www.enaiq.org.br/wp-content/uploads/2022/12/Relatorio_2022.pdf).
- BARROS, Eliane V. et al. **Characterization of naphthenic acids in crude oil samples–A literature review**. Fuel, v. 319, p. 123775, 2022.
- BAYMA, A; MARTINS, M. R. **Human Reliability Analysis as Pedagogical Tool**. São Paulo. 2021.
- BROUGHTON, Edward. **The Bhopal disaster and its aftermath: a review**. **Environmental Health**, v. 4, n. 1, p. 1-6, 2005.
- CARDELLA, Benedito. **Segurança do trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística: segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- CAVALCANTE, F. R. et al. **Análise bibliométrica sobre a análise de acidentes na indústria petroquímica**. Revista Brasileira de Engenharia de Produção, v. 7, n. 2, 2017.
- CAVALLERO, Rayra Alves. **Desafios e perspectivas da indústria química brasileira com ênfase no setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos**. **TCC (Graduação)-Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2021.
- CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (CCPS). **Process Safety Beacon Archives**. Disponível em: <https://www.aiche.org/ccps/resources/process-safety-beacon/archives>. Acesso em: 1 jul. 2023.

CHINAQUI, E. F. **Análise e gerenciamento de riscos de processo na indústria química**. 2012. 91 f. Monografia–Escola de Engenharia de Lorena–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

CHINELLATO, Roberta Alves Merguizo. **Avaliação do potencial de biorremediação de diesel S10 e de espuma para controle de incêndio (AFFF) por bactérias heterotróficas isoladas de sedimentos do Estuário de Santos-SP**. 2023.

CHU, Jorge Nobre. **Análise de riscos nas indústrias petroquímicas: atmosferas explosivas**. 2014. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Setúbal. Escola Superior de Ciências Empresariais.

Confederação Nacional da Indústria – CNI. **Perfil da Indústria Brasileira**. 2023. Disponível em: <https://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/#/industria-total>.

Confederação Nacional da Indústria – CNI. **Perfil da Indústria Brasileira**. 2023. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/>

CORREA, Cármen Regina Pereira; CARDOSO JUNIOR, Moacyr Machado. **Análise e classificação dos fatores humanos nos acidentes industriais**. Production, v. 17, p. 186-198, 2007.

COSTA, Denise da Conceição da; MENEGON, Nilton Luiz. **Condução de ações em saúde e segurança do trabalho em pequenas e médias empresas: análise de três casos**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 33, p. 60-71, 2008.

DE MIRANDA JUNIOR, Edson Jansen Pedrosa; CUTRIM, Sergio Sampaio. **Análise de risco aplicada à segurança do trabalho na indústria de petróleo e gás**. 2013.

DUPONT; **Apostila de sensibilização de segurança, meio ambiente e saúde para empreendimentos**. São Paulo, DSR, 2005.

FISCHER, Frida Marina et al. **Implementation of 12-hour shifts in a Brazilian petrochemical plant: impact on sleep and alertness**. Chronobiology international, v. 17, n. 4, p. 521-537, 2000.

GONCALVES FILHO, Anastacio Pinto; ANDRADE, Jose Celio Silveira; DE OLIVEIRA MARINHO, Marcia Mara. **A safety culture maturity model for petrochemical companies in Brazil**. Safety science, v. 48, n. 5, p. 615-624, 2010.

INACIO, Danilo. **Sistema de Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho para Indústrias Petroquímicas**. 2018. 65 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2018.

International Energy Agency (IEA). **The Future of Petrochemicals**. The Future of Petrochemicals Towards more sustainable plastics and fertilisers. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-petrochemicals>.

JACSO, P. **As we may search – Comparison of major features of the Web of Science, Scopus and Google Scholar citation-based and citation-enhanced databases**. Current Science, v. 89, n.9, p. 1537-1547, Nov. 2005.

- JICA - Agência de Cooperação Internacional do Japão.** Disponível em:  
[https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12058301\\_02.pdf](https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12058301_02.pdf). Acesso em: 1º de julho de 2023.
- JUSTINO, Yasmin de Azevedo. **A Indústria Petroquímica e a Segurança do Trabalho.** **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.** Ano 06, Ed. 02, Vol. 09, pp. 43-52. fevereiro de 2021. ISSN: 2448-0959, Link de acesso:  
<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/industria-petroquimica>,
- KLETZ, Trevor; AMYOTTE, Paul. **What went wrong? : case histories of process plant disasters and how they could have been avoided.** Butterworth-Heinemann, 2019.
- KRÜGER, Israel. **Análise comparativa de auditorias comportamentais em uma planta petroquímica entre os anos de 2012 e 2013.** 2014.
- LIEBER, Renato Rocha. **Teoria e metateoria na investigação da causalidade: o caso do acidente de trabalho.** 1998. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- LIMA, Amanda Miranda; JUNIOR, Carlos Roberto Conceição Meireles; SANTA, Licianne Pimentel. **O Legado Do Acidente De Piper Alpha: UMA ANÁLISE DO RELATÓRIO DE CULLEN (1991).**
- MENEGUETTI, Alexander A. et al. **The importance of the treatment of the unsafe acts for the prevention of accidents in petrochemical industry: A importancia do tratamento dos atos inseguros para a prevencao de acidentes na industria petroquimica.** 2008.
- Ministério da Saúde. Biblioteca Virtual em Saúde **27/7 – Dia Nacional da Prevenção de Acidentes do Trabalho.** Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br/27-7-dia-nacional-da-prevencao-de-acidentes-do-trabalho-4/>Acesso em: 30 de junho de 2023.
- MIRANDA JUNIOR, Edson Jansen Pedrosa; CUTRIM, Sergio Sampaio. **Análise de risco aplicada à segurança do trabalho na indústria de petróleo e gás.** XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais do XXXIII ENEGEP- Salvador.
- PAN, Lidong et al. **Characteristics of chemical accidents and risk assessment method for petrochemical enterprises based on improved FBN.** Sustainability, v. 14, n. 19, p. 12072, 2022.
- PIRES DA MATA COSTA, Laura et al. **Capture and reuse of carbon dioxide (CO2) for a plastics circular economy: A review.** Processes, v. 9, n. 5, p. 759, 2021.
- QUEVEDO-SILVA F, BIAGI A. S. E; MOLL B. M; VILS L. **Estudo Bibliométrico: Orientações Sobre Sua Aplicação.** Revista Brasileira de Marketing [Internet]. 2016;15(2):246-262. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=471755312008>.
- RAMOS, M. Abílio et al. **A human reliability analysis methodology for oil refineries and petrochemical plants operation: Phoenix-PRO qualitative framework.** Reliability Engineering & System Safety, v. 193, p. 106672, 2020.
- SANTOS, H. R. F. **Proposta de metodologia de investigação de incidentes e desvios comportamentais como ferramenta complementar para gestão de SMS de**

**emprendimentos de engenharia da indústria de petróleo no Brasil.** Dissertação de Mestrado; Rio de Janeiro, 2009.

SANTOS, Lourival Santana; ARAÚJO, Ruy Belém de. **A revolução industrial.** Disponível na Internet em:  
[https://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/10264518102016Historia\\_economica\\_geral\\_e\\_do\\_brasil\\_Aula\\_03.pdf](https://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/10264518102016Historia_economica_geral_e_do_brasil_Aula_03.pdf). Acessado em, v. 16, 2011.

SENNE JUNIOR, Murillo et al. **Abordagem sistemática para avaliação de riscos de acidentes em instalações de processamento químico e nuclear.** 2003.

SILVA, Elisio Carvalho et al. **Gerenciamento de segurança de processos nas empresas químicas e petroquímicas do Pólo Industrial de Camaçari-Bahia.** 2008.

SILVA, Thiara Gabrielly. **INCÊNDIO DA ULTRACARGO.** Revista de Estudos Interdisciplinares do Vale do Araguaia-REIVA, v. 2, n. 03, p. 08-08, 2019.

Sindicato Das Indústrias De Produtos Químicos Para Fins Industriais E Da Petroquímica – SINPROQUIM. **Relatório De Atividades 2022.** São Paulo. Disponível em:  
<https://sinproquim.org.br/wp-content/uploads/2023/05/Relatorio-Sinproquim-2023.pdf>.

Sindicato Das Indústrias De Produtos Químicos Para Fins Industriais E Da Petroquímica – SINPROQUIM. **Relatório De Atividades 2021.** São Paulo. Disponível em:  
[https://sinproquim.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Relatorio\\_inproquim\\_2021\\_2022b.pdf](https://sinproquim.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Relatorio_inproquim_2021_2022b.pdf).

STORINO, André Coimbra. **A influência da adoção das normas da qualidade NBR-9001, ISO 14.001, OHSAS 18.001, na redução de acidente de trabalho:** um estudo de caso na refinaria Isaac Sabbá – Reman-Am, no Estado do Amazonas. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Empresas) – Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Lisboa, 2008.

TORRES, Eduardo Mc Mannis. **A evolução da indústria petroquímica brasileira.** Química Nova, v. 20, p. 49-54, 1997.

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos Metanol.** Belo Horizonte: UFMG, 2016.

US CHEMICAL SAFETY AND HAZARD (CSB). **Completed Investigations.** Disponível em:  
<https://www.csb.gov/investigations/completed-investigations/?Type=2>. Acesso em: 1 jul. 2023.

US CHEMICAL SAFETY AND HAZARD (CSB). **LyondellBasell La Porte Fatal Chemical Release** Disponível em: <https://www.csb.gov/lyondellbasell-la-porte-fatal-chemical-release/>. Acesso em: 1 jul. 2023.

ZOCCHIO, A. **Prática da prevenção de acidentes:** ABC da segurança. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2002