

Estratégias de Prevenção a Lesões Graves e Fatais no Ambiente de Trabalho (SIF - Serious Injuries and Fatalities): Uma Revisão Bibliográfica na Plataforma Scopus Quanto à Inovação e Tecnologia

Renato Saraiva Lima da Silva (UFF) renato.saraiva.lima@gmail.com

RESUMO: Esta revisão bibliográfica buscou identificar artigos, na plataforma Scopus, que tratam do tema “estratégias de prevenção a lesões graves e fatais no ambiente de trabalho” atrelado a “inovação e tecnologia”, incluindo uma análise mais detalhada do artigo encontrado que possui o maior número de citações posteriores. Essa plataforma de literatura científica reconhecida mundialmente, especialmente para a comunidade acadêmica e de pesquisa, é considerada uma das maiores bases de dados de resumos e citações de artigos científicos revisados por pares. Este artigo abordou falhas catastróficas que podem ocorrer devido ao arraste de líquido, tendo consequências graves em sistemas numa usina de gás combustível. Partindo do princípio que os inúmeros métodos de avaliação de risco, como o HAZOP (*Hazard and Operability Study*) e o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), apesar de poderem ser usados para avaliar o risco de uma instalação e seu processo, por si só, não são suficientes para classificar as contribuições de componentes específicos do sistema para o risco total de uma instalação química, os autores consideraram que a gestão de risco LOPA (*Layers of Protection Analysis*) associada a determinadas funções de segurança tem se mostrado uma maneira melhor de prevenir e/ou mitigar acidentes e consequências indesejadas. Ao revisar esses artigos, o estudo oferece insights sobre as novas visões da Segurança no Trabalho. Este estudo contribui para o entendimento mais holístico da prevenção, fornecendo uma base sólida para futuras pesquisas e orientando práticas empresariais estratégicas em um contexto de trabalho em constante evolução e mudanças.

Palavras-chave: Lesões Graves e Fatais (*SIF - Serious Injuries and Fatalities*); Potencial de Lesões Graves e Fatais (*PSIF - Potential Serious Injuries and Fatalities*); Inovação; Tecnologia; Nova Visão da Segurança do Trabalho.

1. INTRODUÇÃO

Apesar das reduções significativas nas taxas gerais de acidentes de trabalho ao longo dos últimos anos, em muitas organizações as reduções nos níveis de eventos fatais e graves não seguiram o mesmo ritmo (SMARTLAB, 2024; U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS, 2024; EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK, 2024). Isso leva a várias questões:

- O modelo de segurança tradicional é limitado na sua aplicação? Perdeu a sua utilidade, especialmente em relação às lesões graves e fatais?
- Deveríamos pensar de forma diferente sobre a prevenção de lesões graves e fatais?
- Que abordagem devemos adotar para a prevenção de lesões graves?

Internamente, nas organizações, os acidentes de trabalho são frequentemente atribuídos a “algo de errado que o trabalhador fez denominado de “erro humano” e as ações se concentram, na maioria das vezes, em corrigir o comportamento do trabalhador (DEKKER, 2014). Consequentemente, enquanto o trabalhador assume a responsabilidade pelo motivo da falha, as

verdadeiras causas do acidente permanecem desconhecidas e sem solução. Embora seja muito mais fácil culpar o trabalhador pelo seu “erro”, insistir na busca de como rever e aprimorar o processo de trabalho para que não permita que tal erro possa acontecer é a forma mais eficaz de resolver o problema de gestão do risco (REASON, 2002).

Uma reavaliação do pensamento na filosofia da gestão da Segurança do Trabalho está reexaminando alguns desses conceitos, questionando a maneira como os líderes têm definido a forma de gerenciar as expectativas para as suas organizações e considerando as contribuições valiosas da linha de frente, pois, os trabalhadores são quem melhor entendem os processos de trabalho e detêm o poder de decisão final em relação aos riscos. Nesse contexto, o conceito de que a ocorrência das lesões graves e fatais é proveniente do acúmulo de desvios, quase acidentes e acidentes de menor gravidade – de acordo com o conceito tradicional da Segurança do Trabalho – vem sendo um dos pontos significantes de discussão entre os profissionais da área.

Para compreendermos melhor este cenário, realizou-se uma revisão bibliográfica utilizando os bancos de dados de resumos e citações Scopus sobre artigos relevantes ao tema, buscando trabalhos relevantes a partir de palavras-chave que possam identificar o tema claramente.

Este estudo procurará responder quais artigos acadêmicos estão disponíveis a respeito do tema estratégias de prevenção a lesões graves e fatais no ambiente de trabalho. Em adição a isso, destaca-se o uso da análise Prisma como método de revisão sistemática tendo a identificação de documentos sobre o tema informado e sua caracterização quanto às palavras-chave, periódicos, autores, países e grupos temáticos.

Para atender a essa proposta, o artigo foi dividido nas seguintes seções: uma introdução na seção 1, seguida do referencial teórico, onde foi realizada uma breve dissertação sobre o porquê esse conceito tradicional da Segurança do Trabalho vem sendo criticado/revisto, na seção 2. A metodologia adotada para a elaboração da pesquisa, bem como, os parâmetros utilizados na plataforma Scopus são vistos na seção 3. Na seção 4, temos a apresentação dos resultados e análises, com base na quantidade de documentos encontrados, as subáreas, pesquisadores, países e demais questões bibliométricas utilizadas nesta pesquisa. Por fim, na seção 5 temos as conclusões e na seção 6 a bibliografia utilizada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Problema antigo, paradigma antigo

Heinrich *et al.* (1980) descreveu, pela primeira vez, a relação proporcional entre os tipos de lesões, em 1931. Desde então, essa relação – desenhada em um triângulo ou pirâmide – tem sido entendida e defendida como um padrão imutável, que afirma que há uma relação inversa entre frequência e gravidade, ou seja, quanto mais grave a lesão, menos frequente ela é (Figura 1).

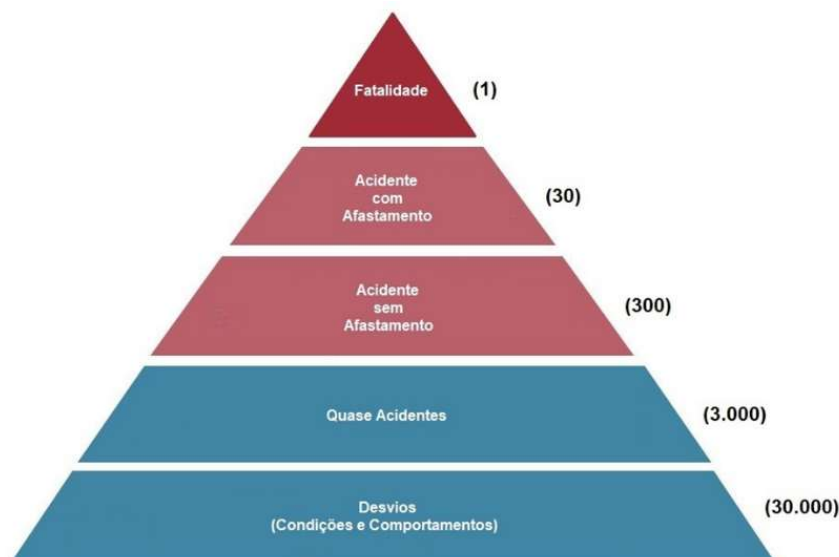


Figura 1 - Triângulo da Segurança (Baseado em Heinrich, 1980)
Fonte: Autor (2025)

Seria um erro grave desconsiderar o fato de que eventos frequentes de baixa gravidade indicam potencial para eventos de alta gravidade: um ambiente que frequentemente gera eventos de baixa gravidade possui problemas de sistemas, ambientais, físicos, culturais, psicológicos e de liderança, entre outros, que podem – e eventualmente irão – gerar eventos de alta gravidade também. Portanto, a conclusão lógica é que se você reduzir lesões menores em 20%, pode esperar uma redução de 20% em lesões maiores.

A excelência em segurança estaria diretamente relacionada à eficácia com que a organização controla a exposição a perigos na interface de trabalho, a configuração que define a interação do trabalhador com a tecnologia. Mas as exposições ocorrem de várias maneiras; podem ser uma condição, decisão, comportamento, atividade, padrão cultural, processo ou sistema (ou a falta dele). As exposições também variam no nível de risco que representam. O triângulo da segurança torna-se, então, insatisfatório como o único guia para a prevenção de lesões graves e fatais (*SIF - Serious Injuries and Fatalities*) porque tem uma tendência a limitar nosso pensamento e nos embalar em uma falsa sensação de segurança.

Por exemplo, baixas taxas de lesões podem mascarar a presença de exposições de alto potencial. Desenvolver uma estratégia eficaz para prevenir eventos de lesões graves e fatais requer uma nova estrutura que leve em conta a variedade de tipos e intensidades de exposições no local de trabalho e que forneça às organizações a capacidade de lidar com elas adequadamente.

2.2. Problema antigo, paradigma atual

Segundo Busch (2022), o triângulo de segurança em particular levou a vários problemas na prevenção eficaz de eventos de lesões graves e fatais:

- Falta de priorização aos desvios e quase acidentes que têm o potencial para eventos SIF: não distinguir o potencial para lesões graves em meio aos desvios tem levado muitas organizações a tratar todos os desvios menos graves e quase acidentes igualmente, o que

significa que uma exposição com um potencial de baixa gravidade recebe a mesma atenção que uma exposição com um potencial de alta gravidade.

- Priorização maior em ocorrências triviais: como as organizações não conseguem perceber a melhoria na gravidade, muitas levam a relação inversa como regra e aplicam uma abordagem "mais é mais" tentando melhorar a segurança concentrando-se em todas as exposições e se preocupando com eventos triviais.
- Classificação “criativa” de lesões: pensar em lesões – e após o acidente ter acontecido – como o principal motivo ou indicador a ser estudado pode levar as organizações a categorizar lesões de forma criativa (por exemplo, *first aid* ou primeiros socorros, *medical treatment* ou tratamento médico, *restricted work* ou trabalho restrito, entre outros).
- Perda de credibilidade: tomar o paradigma do triângulo de segurança como verdade absoluta, ao invés de avaliar e reagir ao cenário real de exposição, pode aumentar a distância entre a gerência de uma organização e seus trabalhadores. Num caso extremo, essa situação pode levar ao cinismo, pois, eles percebem que os esforços de segurança não correspondem à realidade.
- Falta geral de compreensão em relação à prevenção de eventos SIF: confiar em uma visão simplista demais em relação às causas dos acidentes limita a capacidade de uma organização de distinguir aquelas exposições que representam a maior ameaça à vida de seus trabalhadores.

Esses elementos podem estar presentes por muitos anos antes de se combinarem com as circunstâncias locais e falhas ativas para penetrar nas camadas de defesas do sistema. Como diz Conklin (2012), um acidente pode ser definido como uma combinação inesperada de variabilidade normal. No caso de lesões graves e fatais são amplamente definidos como um acontecimento de lesão que altera ou ameaça a vida e por serem raros, acabam dificultando seu tratamento preventivo.

Em 2011, o grupo de estudo da Behavioral Science Technology & ORC Mercer Worldwide (ExxonMobil, Potash Corp., Shell, BHP Billiton, Cargill, Archer Daniels Midland Company e Maersk) estudou uma ampla gama de casos de fatalidades e concluiu que o triângulo da segurança não é preditivo. A redução das lesões na parte inferior do triângulo (lesões leves) não garante uma redução das lesões graves e fatais na parte superior do triângulo, representando somente 21% da base do triângulo (Figura 2).

“Em 2011, o grupo de estudo da Behavioral Science Technology & ORC Mercer Worldwide divulgou descobertas mostrando que as causas e correlatos das lesões graves e fatais são normalmente diferentes daqueles de lesões menos graves, e o potencial SIF é baixo para cerca de 79 por cento das lesões não SIF. Cerca de 20 por cento das lesões registráveis têm potencial para ser SIF ” (Thomas Krause, Ph.D. e fundador da Behavioral Science Technology)

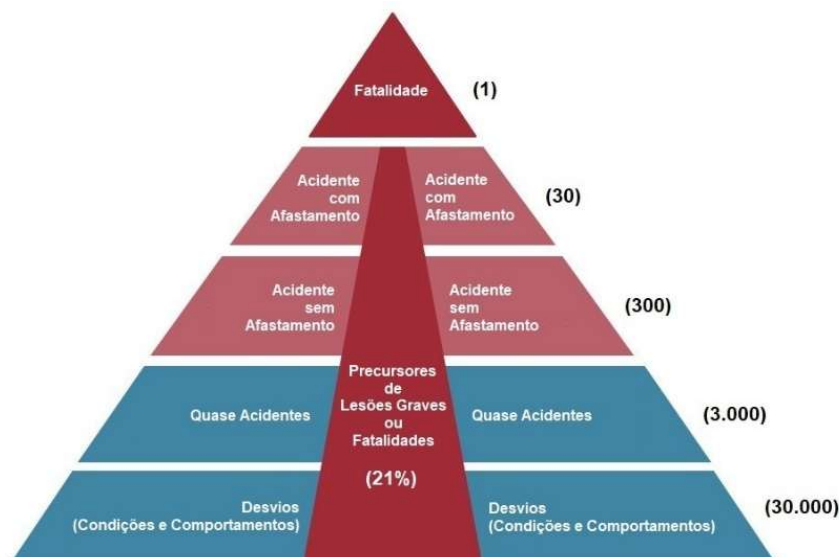


Figura 2 - Triângulo da Segurança Revisado
(Baseado em BST - Behavioral Science Technology & ORC Mercer Worldwide, 2011)

Fonte: Autor (2025)

Sob esse novo paradigma, mais foco é alocado para reduzir a taxa de lesões graves e fatais, em oposição à redução da contagem de todos as lesões.

Segundo Parikh *et al.* (2024), o maior desafio para a redução da taxa de lesões graves e fatais é a identificação adequada do risco antes da materialização e a principal razão é que as empresas, geralmente, se concentram apenas em incidentes onde as lesões graves e fatais (*SIF - Serious Injuries and Fatalities*) ocorreram, de forma reativa, e incidentes que causaram lesões leves, mas tinham o potencial de fazê-lo passam despercebidos. Identificar esses incidentes potencialmente causadores (ou precursores) de lesões graves e fatais (*PSIF - Potential Serious Injuries and Fatalities*) permitiria que as empresas trabalhassem na identificação de riscos críticos e tomassem medidas para preveni-los antes de acontecerem. No entanto, identificar PSIF exige que todos os processos sejam analisados individualmente por especialistas quanto às questões operacionais, sob a ótica da Segurança no Trabalho e Segurança de Processo, sendo, portanto, um investimento bastante significativo, que geralmente não é acessível, especialmente para pequenas e médias empresas.

Além disso, diante de um diagnóstico de PSIF, como tomar a decisão de quais investimentos priorizar e quais investimentos mitigar com ações de Engenharia, administrativa e proteção pessoal do trabalhador até que possa realizar o investimento em toda a amplitude e necessidade.

O Campbell Institute (2018) desenvolveu um trabalho explicando que lesões graves e fatais são definidas como eventos onde existem 3 fatores:

- 1) Envolvem uma situação ou atividade de trabalho de alto risco;
- 2) As barreiras críticas ou controles de gestão necessários para proteger os trabalhadores nessas situações estão ausentes;
- 3) É provável que ocorra uma fatalidade ou lesão grave se essas condições anteriores forem tratadas como habituais e aceitas pelos trabalhadores e liderança em geral.

O Campbell Institute (2020), também indica maneiras de iniciar um programa de detecção e correção de potenciais de lesões graves e fatais:

- Fazer uma compilação dos últimos acidentes sérios e eventualmente fatais ocorridos em um período de tempo (5 a 10 anos); desta compilação fazer um filtro dos contextos-chave causadores dos acidentes.
- A partir deste levantamento, criar procedimentos práticos e objetivos derivados dos estudos de pré-investigação de situações teóricas e reais, sendo que nestas últimas devem ser incluídos os trabalhadores para informar quais atividades entendem ser as mais perigosas em seus pontos de vista.
- Estabelecer treinamento de todos os envolvidos, incluindo trabalhadores terceirizados, com abordagem pedagógica adequada à maximização de retenção do conteúdo.
- Fazer uma ampla divulgação dos pontos principais de cada discussão suportado com bom plano de comunicação.
- Iniciar um programa de inspeção para monitorar a efetividade das práticas e elaborar um indicador proativo de medição do que está dando certo – não do que está dando errado, como de costume –, reforçando este ponto.
- Identificar da mesma forma os PSIF e SIF ocorridos como acima e aplicar a metodologia para analisar como algo foi feito, como algo é feito ou como algo poderia ser feito, a fim de produzir uma representação dele em uma confiável sistemática usando um formato bem definido, as chaves de decisão e ações críticas.
- Realizar estudo para incorporar defesas e capacidades para evitar tais condições danosas no processo através de procedimentos ou barreiras tecnológicas.

Um excelente exemplo de metodologia é o *Functional Resonance Analysis Method (FRAM)*, desenvolvido por Hollnagel (2012; 2017). A base da FRAM é a descrição das funções (atividades) que compõem um trabalho ou um processo. A descrição começa pelas próprias funções (atividades), e não pela forma como elas são ordenadas ou relacionadas. Os relacionamentos são especificados indiretamente por meio das descrições dos aspectos das funções. O termo técnico comum para essas relações são acoplamentos. A caracterização da variabilidade (desvios e falhas) em um modelo FRAM é o ponto de partida para entender como as funções podem ser interconectadas e como isso pode levar a resultados inesperados, e especialmente no caso de potenciais de lesões graves e fatais proporciona com mais exatidão a identificação dos pontos frágeis de decisão e possibilidade de inserção de medidas de controle e preventivas para evitar erros e suas consequências.

“Precisamos encarar o fato de que o mundo não pode ser explicado por modelos de causa e efeito. Incidentes e acidentes não acontecem apenas de maneira linear, eles também incluem fenômenos emergentes decorrentes da complexidade do sistema em geral” (Erik Hollnagel)

Outro exemplo que vale a pena ser citado é o *Systems-Theoretic Accident Modelling and Processes (STAMP)*. STAMP é uma abordagem para descrever e revisar a função da segurança a partir de uma perspectiva sistêmica. Ela avalia a função da segurança em sistemas sociotécnicos complexos. Busca enfrentar com eficiência o ritmo acelerado das mudanças tecnológicas, aumentar a capacidade de aprender com a experiência, compreender a natureza mutável dos acidentes e, particularmente, lidar com a complexidade da interação entre os diversos componentes do sistema (Leveson, 2011). Anteriormente, o STAMP foi aplicado na análise de segurança na indústria aeronáutica (Chatzimichailidou e Dokas, 2015; Fleming et

al., 2013; Passenier *et al.*, 2015; Stringfellow *et al.*, 2010) e na análise de riscos em sistemas automotivos automatizados (Thomas e Suo, 2015). No domínio marítimo, o STAMP foi aplicado para a análise da gestão adaptativa de segurança do planejamento espacial marítimo no Golfo da Finlândia (Aps *et al.*, 2015, 2016).

Os fundamentos do STAMP questionam o contexto teórico das abordagens tradicionais de segurança, que tratam a segurança como um problema de confiabilidade, seguindo, portanto, a ideia comum de que, se os componentes do sistema não falharem, acidentes não ocorrerão. Para tanto, o STAMP avalia que os acidentes são, na verdade, processos complexos que envolvem todo o sistema sociotécnico. Além disso, o STAMP questiona as abordagens tradicionais que pressupõem que a maioria dos acidentes é causada por erro do operador, quando, na verdade, o comportamento e o desempenho do operador são produto do ambiente em que ocorrem. O método apresenta vários objetivos integrados para os fundamentos da segurança organizacional:

- Fornecer uma maneira mais sistêmica de modelar acidentes e segurança para produzir uma compreensão melhor e menos subjetiva sobre como os acidentes ocorrem e como eles podem ser prevenidos.
- Permitir e encorajar novos tipos de análise de perigos e avaliação de riscos que vão além das falhas de componentes.
- Mudar de erros humanos para focar em mecanismos que moldam o comportamento humano.
- Incentivar uma mudança na ênfase na análise de acidentes de “causa” para “compreensão”.
- Incentivar múltiplos pontos de vista e interpretações de segurança.
- Auxiliar na definição de métricas operacionais e análise de dados de desempenho.

Os fundamentos do STAMP baseiam-se na emergência, hierarquia, comunicação (feedback) e controle. Emergência é a representação ou modelo de sistemas complexos; a hierarquia descreve diferentes níveis de uma organização e cada nível possui propriedades emergentes.

As novas visões da Segurança no Trabalho não são uma ruptura com os métodos tradicionais, mas, uma ponte onde as ciências humanas e exatas são inseridas no mesmo contexto da avaliação dos fatores humanos e organizacionais.

3. METODOLOGIA

Este é um trabalho de natureza aplicada, visando a geração de conhecimento com aplicabilidade prática em contextos específicos. A abordagem metodológica adotada é quali-quantitativa, permitindo a análise detalhada e integrada de dados qualitativos e quantitativos para fornecer uma compreensão abrangente do tema em estudo.

Para a coleta de dados, utilizou-se a técnica de revisão sistemática da literatura. Esta técnica foi escolhida por sua capacidade de identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas relevantes disponíveis sobre um determinado tópico, garantindo a inclusão de evidências de alta qualidade e a redução de vieses.

A importância da aplicação de técnicas de prospecção de cenários para identificação de informações estratégicas e para a definição de prioridades das organizações é uma constante nos últimos anos, pois a tomada de decisão é uma atividade complexa, destas dependem a sobrevivência das organizações em um ambiente competitivo (ARAÚJO e CASIMIRO, 2020).

O processo de revisão sistemática foi conduzido seguindo as recomendações do PRISMA (*Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). O PRISMA (2024) é um conjunto mínimo de itens baseado em evidências que visa ajudar autores científicos a relatar uma ampla gama de revisões sistemáticas e meta-análises, se concentrando nas maneiras pelas quais os autores podem garantir um relato transparente e completo desse tipo de pesquisa. Ele oferece a replicabilidade de uma revisão sistemática da literatura. Os pesquisadores precisam descobrir os objetivos de pesquisa que respondam à questão da pesquisa, declarar as palavras-chave, um conjunto de critérios de exclusão e inclusão. Na fase de revisão, os artigos relevantes foram pesquisados e os irrelevantes foram removidos. Os artigos foram analisados de acordo com algumas categorias predefinidas.

A bibliometria foi utilizada como ferramenta principal para a análise dos dados coletados. A bibliometria é uma técnica de análise de pesquisa que estuda publicações em livros, relatórios e em artigos (FERREIRA, 2011) para quantificar, analisar e avaliar a produção acadêmica científica de temas (RAMOS-RODRÍGUEZ e RUÍZ-NAVARRO, 2004), sendo, portanto, adequada a este estudo. Diante disso, justifica-se o uso da análise bibliométrica por ela conseguir cobrir períodos de tempo prolongados, viabilizando, com isso, a identificação, socialização e evidência de informações importantes e que são inerentes à temática investigada (NERUR *et al.*, 2008). Esta técnica permitiu a identificação de padrões, tendências e redes de colaboração dentro do corpus de literatura analisado. Através da análise bibliométrica, foi possível mapear o desenvolvimento do conhecimento na área, identificar os principais autores, instituições e países envolvidos, bem como as tendências emergentes e lacunas na literatura.

Portanto, a metodologia aplicada nesta pesquisa, que combina revisão sistemática, uso de PRISMA, abordagem quali-quantitativa e análise bibliométrica, proporcionou uma base sólida e rigorosa para a exploração e descrição dos documentos relevantes ao tema estudado.

De acordo com a recomendação PRISMA, delimitou-se a pesquisa em um intervalo de tempo de 25 anos, de 2000 a 2025, na plataforma Scopus. Esta pesquisa foi realizada dia 16/05/2025, em “Article title, Abstract, Keywords”, utilizando a seguinte sequência de palavras, frases e operadores (*string* de busca) resultando em 16 documentos:

(TITLE-ABS-KEY ("SIF" OR "SER INJUR* FATAL*") OR TITLE-ABS-KEY ("PSIF" OR "POTENT* SER* INJUR* FATAL*") AND TITLE-ABS-KEY ("INNOV*" OR "TECHNOL*" OR "R&D" OR "RESEAR* DEVELOP*") AND TITLE-ABS-KEY ("SAFET*" OR "WORK" OR "RESIL*") AND TITLE-ABS-KEY ("ACCID*" OR "INJUR*"))*

4. RESULTADOS E ANÁLISES

A partir dos dezoito documentos encontrados na pesquisa inicial, o autor realizou uma avaliação qualitativa, através da leitura dos *Abstracts*, sendo retirado um trabalho relacionado a Astronáutica e outro relacionado a Economia, o que gerou uma relação final com dezesseis estudos relacionados ao tema na construção, energia nuclear, indústria, óleo e gás e construção.

Na Tabela 1 constam os 5 artigos que obtiveram citações de acordo com os resultados obtidos na plataforma Scopus.

Tabela 1 - Títulos, periódicos, ano de publicação e número de citações

“Sistemas Sustentáveis na Gestão Ambiental: Inovação e Governança de Dados como Foco Estratégico.”

João Pessoa, Paraíba, Brasil – 27 a 29 de maio de 2026.

Nº	AUTORES	TÍTULO	LOCAL DA PUBLICAÇÃO	ANO	CITAÇÕES
1	Khalil M.; Abdou M.A.; Mansour M.S.; Farag H.A.; Ossman M.E.	A cascaded fuzzy-LOPA risk assessment model applied in natural gas industry	Journal of Loss Prevention in the Process Industries	2012	44
2	Schrörs B.	Functional Safety: IEC 61511 and the industrial implementation	7th International Conference on Networked Sensing Systems	2010	6
3	Dougdag M.; Fernandez R.; Lamberts D.	Risk reassessment of thermal striping due to a macro-crack pre-existent in nuclear reactors at high temperature	Annals of Nuclear Energy	2022	4
4	Carelli M.D.; Matzie R.A.; Crump M.W.	Modular integral water reactors: The ultimate in safety and simplicity	Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers	2004	3
5	Selega R.P.	Safety instrumented system-requirements for successful operation and maintenance	Chemical Engineering Transactions	2016	3

Fonte: Autor (2025)

Dentre esses cinco artigos, um se destaca pelo expressivo número de citações, muito superior ao resultado dos demais (quase oito vezes mais). O artigo com o título “*A cascaded Fuzzy-LOPA risk assessment model applied in natural gas industry*”, dos pesquisadores Magdy Khalil, Mohamed Abdel-Rahman Abdou, Moustapha Mansour, Hassan Farag e Mona Ossman, da Universidade de Alexandria, no Egito foi o mais citado, com um total de 44.

Os artigos que não obtiveram citações constam na Tabela 2.

Tabela 2 - Artigos não citados

Nº	AUTORES	TÍTULO	LOCAL DA PUBLICAÇÃO	ANO	CITAÇÕES
1	Backlund M.; Arpe W.; Bailey K.; Moore J.; Wilson T.; Sizemore B.; Kern S.	From Compliance to Commitment: Redefining HSE Metrics Through SIF Prevention Strategies	SPE Annual Technical Conference and Exhibition	2024	0
2	Ninin P.; Salatkó C.; Valbom J.	Safety status: An innovative concept for maintaining the safety integrity level of operational safety systems	International Journal of Safety and Security Engineering	2018	0
3	Adler B.	Using hart to increase field device reliability	Instrumentation, Control and Automation in the Power Industry	2004	0
4	Coraspe J.; McCauley D.; McCauley T.; Wedelich V.W.	Integrating advanced relays on medium voltage switchgear with safety control systems	Annual Petroleum and Chemical Industry Conference	2014	0
5	Relwani H.J.	SIL & IPF evaluation guidelines for control system upgrades	17th Annual Joint ISA POWID/EPRI Controls and Instrumentation Conference and 50th Annual ISA POWID Symposium	2007	0
6	Bayona A.; Moya N.; Hallowell M.R.; Bhandari S.	Exploring the Hypothesized Mechanisms by Which Serious Injuries and Fatalities Impact Business Performance	Construction Research Congress	2024	0
7	Brazier A.; Wise N.; Dearden H.	SIF Testing - it's more complicated than you think	Institution of Chemical Engineers Symposium Series	2022	0
8	Adler B.	Field device diagnostics & testing	ISA TECH/EXPO Technology Update Conference	2002	0
9	Al Naumani Y.H.; Al Abri A.A.A.; Al Ruqaishi M.A.	Instrument Safety Valves Enhanced Maintenance Strategy	Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference	2021	0
10	Šporčić M.; Landekić M.; Pandur Z.; Bačić M.; Šušnjar M.; Mijočić D.	Strategic Directions for Strengthening Sustainability of Forestry Workforce	Croatian Journal of Forest Engineering	2025	0
11	Downes A.M.; Goteti P.; Krishnaswamy S.	Using process historian data to adjust risk estimates	33rd Center for Chemical Process Safety International Conference	2018	0

Fonte: Autor (2025)

Desta forma, nesta seção encontra-se a análise dos resultados com base nos documentos estratificados por ano, país, filiação, autor, fonte de publicação, tipo de publicação, assunto e pesquisadores com relações de coautoria.

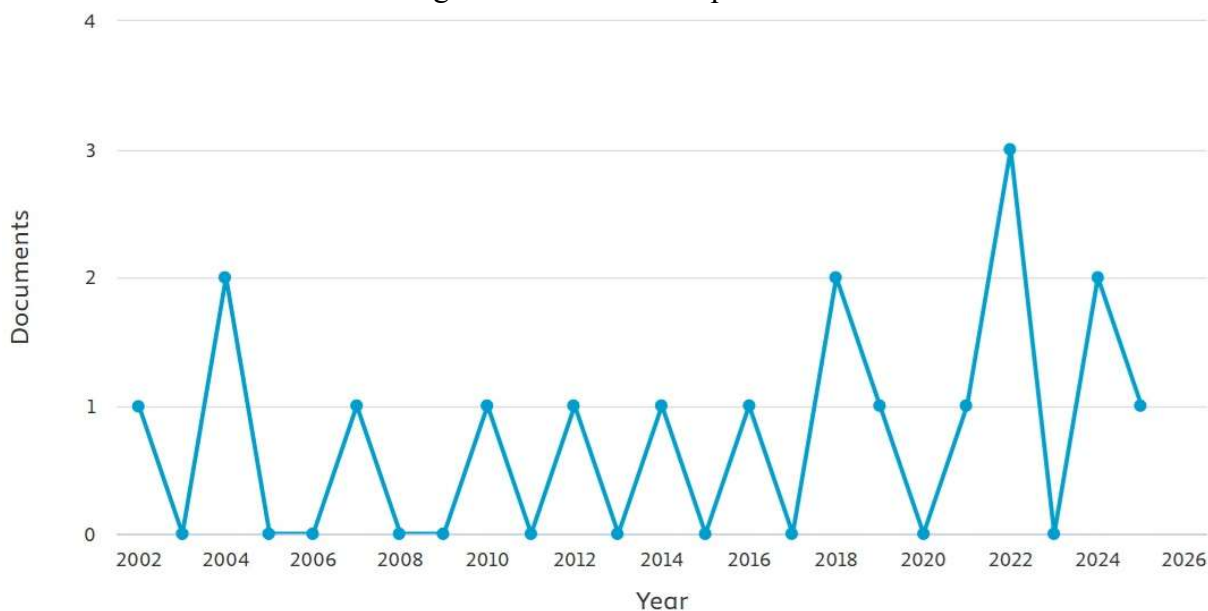
Na pesquisa realizada não foi encontrado trabalho elaborado com o objetivo de auxiliar empresas em como tomar a decisão de quais investimentos em PSIF priorizar e quais investimentos mitigar com ações de Engenharia, administrativa e proteção pessoal do trabalhador, trabalho este que será desenvolvido pelo autor.

4.1. Documentos por ano

A análise da plataforma Scopus dos documentos por ano apresenta picos de aumento e diminuição no número de publicações relativas ao tema até o ano de 2025. A partir de 2018, há

um pequeno crescimento, culminando com as 3 publicações no ano de 2023. Isso demonstra que o tema ainda é pouco explorado.

Figura 3 - Documentos por ano



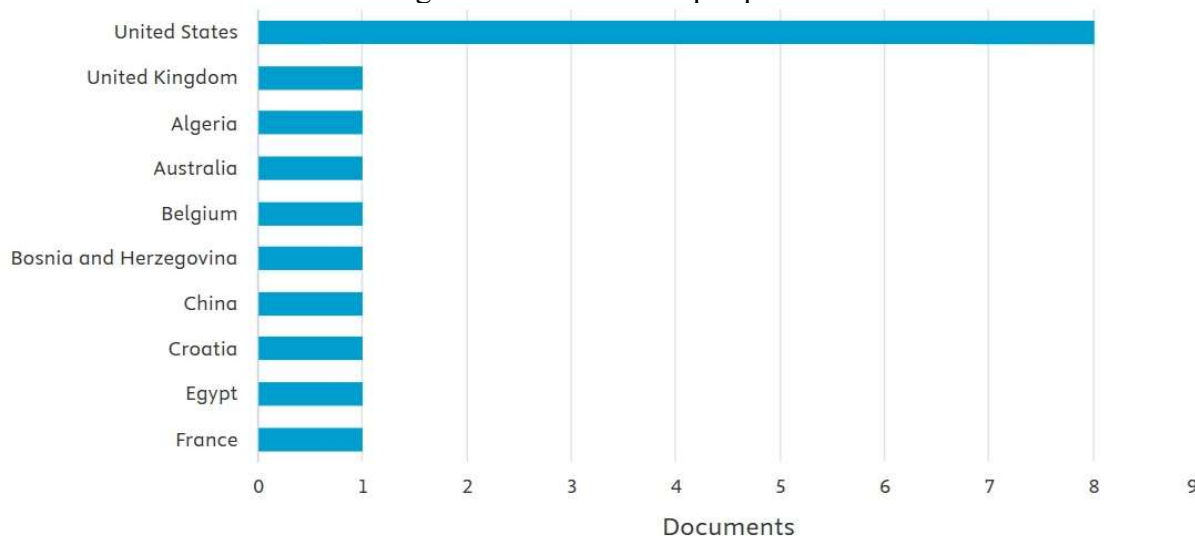
Fonte: Scopus (2025)

4.2. Documentos por país

A análise da plataforma Scopus dos documentos por país mostra os Estados Unidos na primeira colocação, com 8 trabalhos publicados, tendo uma diferença considerável – 8 vezes – em relação aos demais países, todos na segunda posição, com 1 trabalho publicado, conforme apresentado na Figura 4. No Brasil, não foram encontradas publicações na pesquisa realizada na plataforma Scopus.

“Sistemas Sustentáveis na Gestão Ambiental: Inovação e Governança de Dados como Foco Estratégico.”
João Pessoa, Paraíba, Brasil – 27 a 29 de maio de 2026.

Figura 4 - Documentos por países

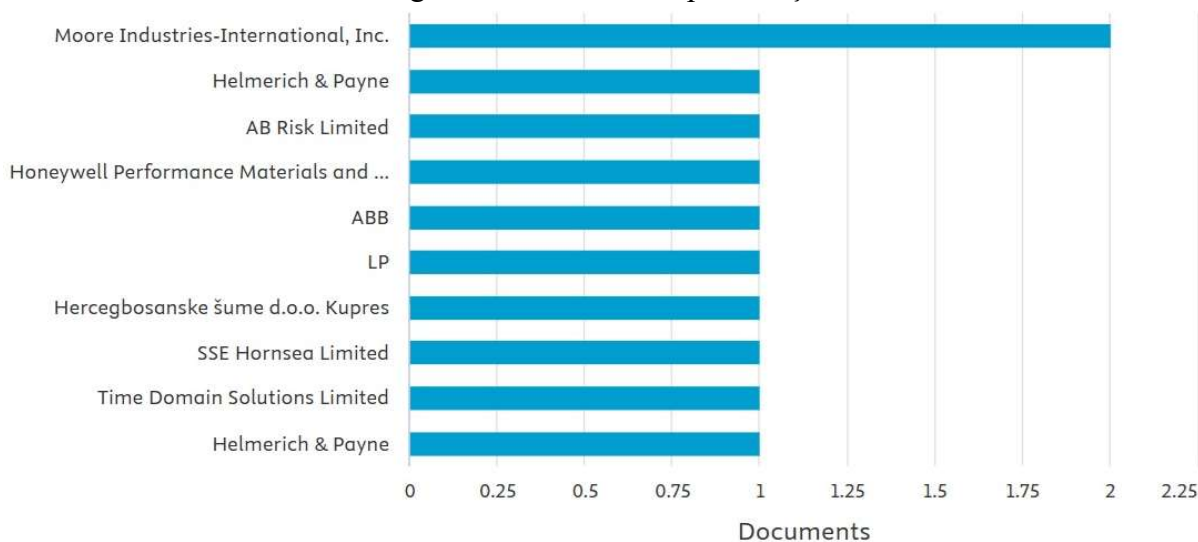


Fonte: Scopus (2025)

4.3. Documentos por filiação

A análise da plataforma Scopus dos documentos por filiação apresenta, em destaque, a *Moore Industries-International, Inc.*, localizada na Califórnia, Estados Unidos, com 2 trabalhos publicados, como principal instituição fomentadora do tema, conforme apresentado na Figura 5.

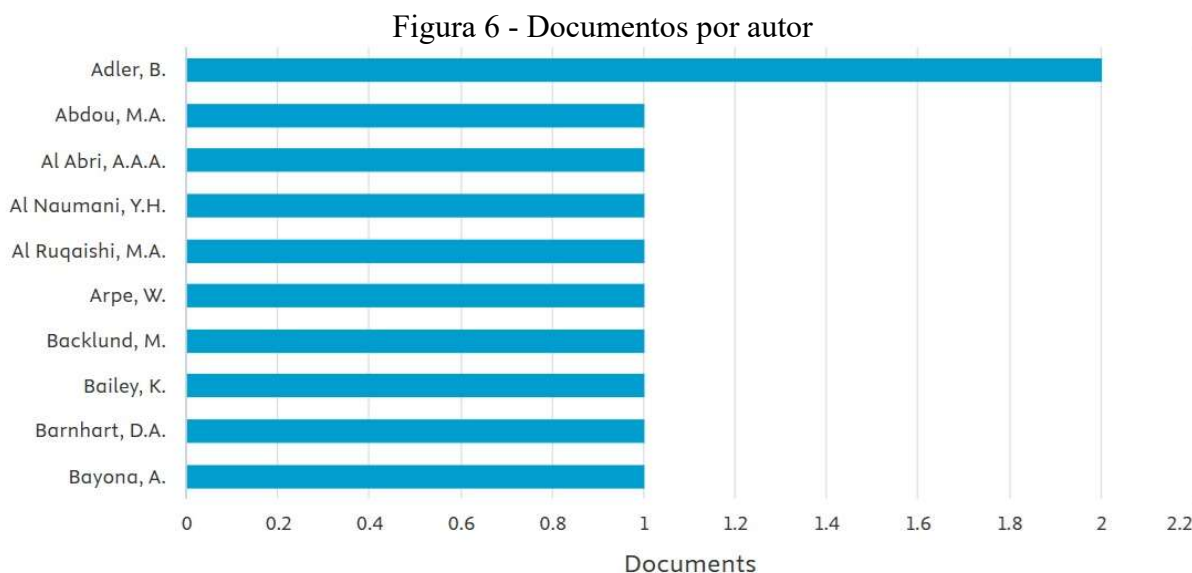
Figura 5 - Documentos por filiação



Fonte: Scopus (2025)

4.5. Documentos por autor

A análise da plataforma Scopus dos documentos por autor destaca Bud Adler, da *Moore Industries-International, Inc.*, como o principal autor relacionados ao tema.

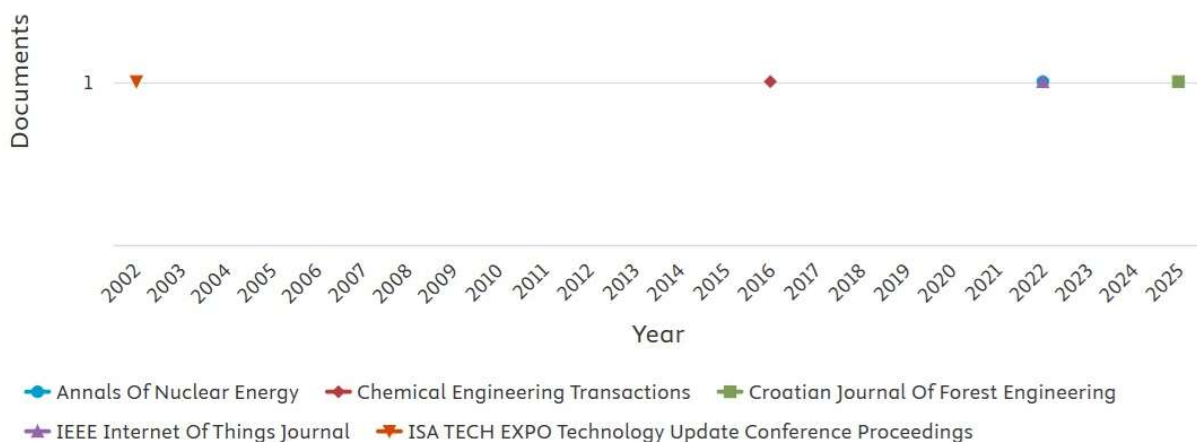


Fonte: Scopus (2025)

4.6. Documentos por fonte de publicação

Na análise da plataforma Scopus dos documentos por fonte de publicação não houve destaques, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Documentos por assunto

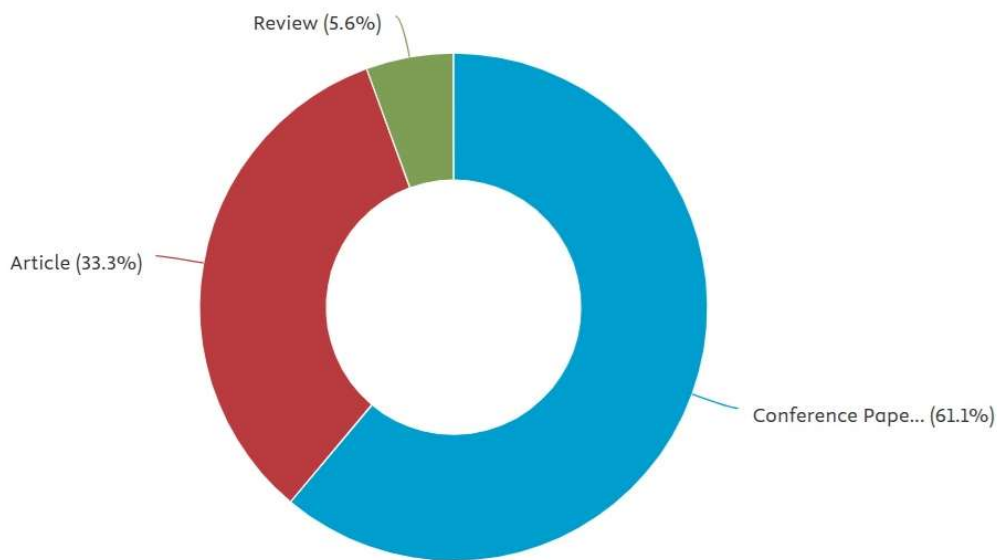


Fonte: Scopus (2025)

4.8. Documentos por tipo de publicação

A análise da plataforma Scopus dos documentos por tipo de publicação destaca os trabalhos apresentados em congressos (*Conference Paper*), com 61,1% dos trabalhos publicados, seguidos dos Artigos, com 33,3%, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Documentos por assunto



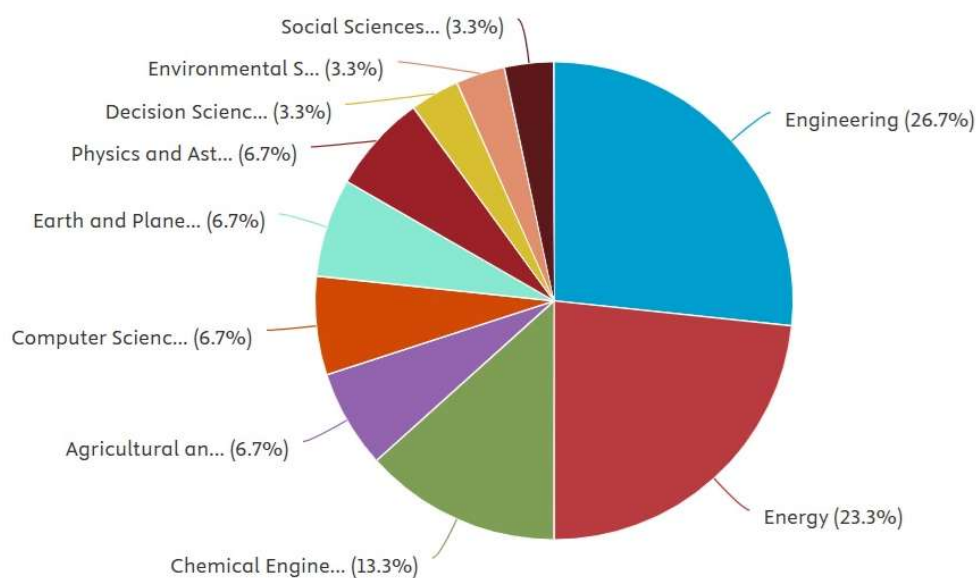
Fonte: Scopus (2025)

4.9. Documentos por assunto

A análise da plataforma Scopus dos documentos por assunto destaca a Engenharia, com 26,7% dos trabalhos publicados, seguida de Energia, com 23,3%, conforme apresentado na Figura 9. Esses dois assuntos representam exatamente 50% das publicações.

Figura 9 - Documentos por assunto

“Sistemas Sustentáveis na Gestão Ambiental: Inovação e Governança de Dados como Foco Estratégico.”
João Pessoa, Paraíba, Brasil – 27 a 29 de maio de 2026.



Fonte: Scopus (2025)

4.10. Análise dos artigos com maior número de citações

O artigo mais citado, “*A cascaded Fuzzy-LOPA risk assessment model applied in natural gas industry*”, dos pesquisadores Magdy Khalil, Mohamed Abdel-Rahman Abdou, Moustapha Mansour, Hassan Farag e Mona Ossman, abordou falhas catastróficas que podem ocorrer devido ao arraste de líquido, tendo consequências graves em sistemas numa usina de gás combustível. Partindo do princípio que os inúmeros métodos de avaliação de risco, como o HAZOP (*Hazard and Operability Study*) e o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), apesar de poderem ser usados para avaliar o risco de uma instalação e seu processo, por si só, não são suficientes para classificar as contribuições de componentes específicos do sistema para o risco total de uma instalação química, os autores consideraram que a gestão de risco LOPA (*Layers of Protection Analysis*) associada a determinadas funções de segurança tem se mostrado uma maneira melhor de prevenir e/ou mitigar acidentes e consequências indesejadas.

Na pesquisa, estudou-se uma unidade típica de gás combustível em uma usina a gás. A usina utiliza gás natural proveniente do próprio processo que contém grande quantidade de água condensável e livre. A metodologia de pesquisa aplicada utiliza uma determinada unidade de processo químico, realizando uma PHA (*Process Hazard Analysis*) para identificar os cenários perigosos, realizando um estudo LOPA (*Layers of Protection Analysis*) sobre os principais cenários perigosos com a intenção de determinar o requisito SIL (*Safety Integrity Level*) para quaisquer proteções adicionais.

Os cenários perigosos identificados estavam todos relacionados ao alto nível de líquido no filtro antes das turbinas a gás, o que causaria o arraste de líquido para as turbinas e danos subsequentes às mesmas:

- Falta de intervenção do operador para drenar o líquido acumulado para o sistema de tratamento de água oleosa.
- Mau funcionamento do transmissor de nível.
- Erro do operador ao habilitar o *by-pass* do Inter travamento durante a utilização do gás de venda.

Utilizou-se a estratégia de controle em cascata, cujo objetivo é dividir um processo difícil de controlar em duas partes, por meio das quais um circuito de controle secundário é formado em torno de grandes perturbações, deixando apenas pequenas perturbações para serem controladas pelo controlador primário. As vantagens do controle em cascata incluem: melhor controle da variável primária, variável primária menos afetada por perturbações, recuperação mais rápida de perturbações, aumento da frequência natural do sistema, redução da magnitude efetiva de um atraso de tempo, melhoria do desempenho dinâmico e fornecimento de limites para a variável secundária.

O artigo apresentou um modelo Fuzzy-LOPA em cascata para avaliação de SIL que utiliza os dados obtidos do PHA juntamente com os das tabelas de consulta. Este sistema híbrido utiliza dois blocos, onde o primeiro é um modelo Fuzzy para obter a severidade e o segundo usa os resultados obtidos por meio de um segundo loop Fuzzy para obter o SIL para quaisquer salvaguardas adicionais. Uma comparação é mantida entre os resultados obtidos com a abordagem LOPA tradicional e o modelo Fuzzy proposto.

O uso da lógica Fuzzy nessa área demonstrou vantagens notáveis no cálculo da classificação SIL para qualquer SIF de forma fácil, barata e rápida. Além disso, os modelos baseados em Fuzzy são confiáveis e podem ser reajustados para produzir os resultados mais precisos e confiáveis.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com esta pesquisa bibliográfica reforçaram a importância da escolha do tema abordado, ou seja, analisar artigos científicos que tratam sobre a prevenção de lesões graves e fatais na indústria, mineração, óleo e gás e construção industrial, especialmente, em relação às ações estratégicas adotadas, proporcionando uma visão mais abrangente do que a tradicional visão de segurança, baseada na análise reativa de eventos, baseada num entendimento como sistemas sociotécnicos adaptativos complexos.

Destaca-se a necessidade de evolução do pensamento sistêmico na Segurança no Trabalho, com o objetivo de se adaptar às novas formas de trabalho num mundo em constante evolução e mudança.

Além disso, vale destacar que, apesar do pequeno aumento no número de publicações a partir do ano de 2018, um total de dezesseis publicações sobre o tema num intervalo de vinte e três anos é considerado muito baixo, mostrando a necessidade de se investir mais tempo e esforços intelectuais acerca do tema.

A análise do artigo “*A cascaded Fuzzy-LOPA risk assessment model applied in natural gas industry*”, dos pesquisadores Magdy Khalil, Mohamed Abdel-Rahman Abdou, Moustapha Mansour, Hassan Farag e Mona Ossman, da Universidade de Alexandria, no Egito mereceu destaque devido ao grande número de citações recebidas, apontando opções tanto técnicas quanto de abordagem sistêmica acerca do tema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, B. *Field Device Diagnostics & Testing*. Instrument Society of America (ISA) - Proceedings - Technology Update Conference, n. 424-425, p.p. 905-919, 2002.

_____. *Using Hart to Increase Field Device Reliability*. Instrument Society of America (ISA) - Proceedings - Instrumentation, Control and Automation in the Power Industry, n. 421, v. 45, p.p. 55-69, 2004.

AL NAUMANI, Y. H.; AL ABRI, A. A. A.; AL RUQAISHI, M. A. *Instrument Safety Valves Enhanced Maintenance Strategy*. Society of Petroleum Engineers (SPE) - Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, 2021.

APS, R.; FETISSOV, M.; GOERLANDT, F.; HELFERICH, J.; KOPTI, M.; KUJALA, P. *Towards STAMP Based Dynamic Safety Management of Eco-socio-technical Maritime Transport System*. 3RD European STAMP Workshop - Procedia Engineering, no. 128, p.p. 64-73. Amsterdam, 2015.

APS, R.; FETISSOV, M.; GOERLANDT, F.; KOPTI, M.; KUJALA, P. *STAMP-Mar Based Safety Management of Maritime Navigation in the Gulf of Finland (Baltic Sea)*. European Navigation Conference (ENC), p.p. 1-8. Helsinki, May, 2016.

ARAÚJO, W. J.; CASIMIRO, A. H. T. *Cenários Prospectivos: Revisão Sistemática na Lisa, Emerald, Scopus e Web of Science*. Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, SP, v.18, p.1-22, 2020.



“Sistemas Sustentáveis na Gestão Ambiental: Inovação e Governança de Dados como Foco Estratégico.”

João Pessoa, Paraíba, Brasil – 27 a 29 de maio de 2026.

BACKLUND, M.; ARPE, W.; BAILEY, K.; MOORE, J.; WILSON, T.; SIZEMORE, B.; KERN, S. *From Compliance to Commitment: Redefining HSE Metrics Through SIF Prevention Strategies*. Society of Petroleum Engineers (SPE) - Proceedings - Annual Technical Conference and Exhibition, September 2024.

BAYONA, A.; MOYEN, N.; HALLOWELL, M. R.; BHANDARI, S. *Exploring the Hypothesized Mechanisms by Which Serious Injuries and Fatalities Impact Business Performance*. Construction Research Congress, v. 4, p.p. 565-574, 2024.

BEHAVIORAL SCIENCE TECHNOLOGY & ORC MERCER WORLDWIDE. *Serious Injuries & Fatalities (SIF) Study*. 2011.

BRAZIER, A.; WISE, N.; DEARDEN, H. *SIF Testing - It's More Complicated Than You Think*. Institution of Chemical Engineers Symposium Series, n. 169, October, 2022.

BUSCH, K. *Preventing Industrial Accidents: Reappraising H. W. Heinrich - More than Triangles and Dominoes*. Abingdon, UK: Routledge, 2022.

CAMPBELL INSTITUTE. *Serious Injury and Fatality Prevention: Perspectives and Practices*. Illinois: National Safety Council, 2018.

_____. *Designing Strategy for Serious Injury and Fatality Prevention*. Illinois: National Safety Council, 2020.

CARELLI, M. D.; MATZIE, R. A.; CRUMP, M. W. *Modular Integral Water Reactors: The Ultimate in Safety and Simplicity*. Institution of Mechanical Engineers - Proceedings, Part A - Journal of Power and Energy, v. 218, i. 5, p.p. 293-307, 2004.

CHATZIMICHAILIDOU, M. M.; DOKAS, I. M. *The Risk Situation Awareness Provision Capability and its Degradation in the Überlingen Accident Over Time*. 3RD European STAMP Workshop - Procedia Engineering, no. 128, p.p. 44-53. Amsterdam, 2015.

CONKLIN, T. *Pre-Accident Investigations: An Introduction to Organizational Safety*. Florida: CRC Press, 2012.

CORASPE, J.; MCCAULEY, D.; MCCAULEY, T.; WEDELICH, V. W. *Integrating Advanced Relays on Medium Voltage Switchgear with Safety Control systems*. Record of Conference Papers - Annual Petroleum and Chemical Industry Conference, art. no. 6961878, p.p. 149-154, 2014.

DEKKER, S. *Safety Differently: Human Factors for a New Era*. Florida: CRC Press, 2014.

DOUGDAG, M.; FERNANDEZ, R.; LAMBERTS, D. *Risk Reassessment of Thermal Striping due to a Macro-crack Pre-existent in Nuclear Reactors at High Temperature*. Annals of Nuclear Energy, v. 174, art. no. 109152, 2022.

DOWNES, A. M.; GOTETI, P.; KRISHNASWAMY, S. *Using Process Historian Data to Adjust Risk Estimates*. 33RD Center for Chemical Process Safety International Conference - Topical Conference at the American Institute of Chemical Engineers (AIChE) Spring Meeting and 14TH Global Congress on Process Safety, p.p. 779-795, 2018.

EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK. *OSH Barometer - Data Visualisation Tool*. Disponível em: <https://osha.europa.eu/en>. Acesso em: 16/05/2025.

FERREIRA, M. P. *A Bibliometric Study on Ghoshal's Managing Across Borders*. The Multinational Business Review, v. 19, n. 4, p.p. 357-375, 2011.

FLEMING, C. H.; SPENCER, M.; THOMAS, J.; LEVESON, N.; WILKINSON, C. *Safety Assurance in NextGen and Complex Transportation Systems*. Safety Science no. 55, p.p. 173-187, June, 2013.

HEINRICH, H. W.; PETERSEN, D.; ROOS, N. *Industrial Accident Prevention*. New York: McGraw-Hill, 1980.



“Sistemas Sustentáveis na Gestão Ambiental: Inovação e Governança de Dados como Foco Estratégico.”

João Pessoa, Paraíba, Brasil – 27 a 29 de maio de 2026.

HOLLNAGEL, E. *FRAM: The Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-technical Systems*. Florida: CRC Press, 2012.

_____. *Safety-II in Practice: Developing the Resilience Potentials*. Abingdon, UK: Routledge, 2017.

KHALIL, M.; ABDU, M. A.; MANSOUR, M. S.; FARAG, H. A.; OSSMAN, M. E. *A Cascaded Fuzzy-LOPA Risk Assessment Model Applied in Natural Gas Industry*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v. 25, i. 6, p.p. 877 - 882, 2012.

KIM, T. E.; NAZIR, S.; ØVERGÅRD, K. J. 2016. *A STAMP-based Causal Analysis of the Korean Sewol Ferry Accident*. Safety Science no. 83, p.p. 93-101, March, 2016.

LEVESON, N. *Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety*. Massachusetts: MIT Press, 2011.

NERUR, S. P.; RASHEED, A. A.; NATARAJAN, V. *The Intellectual Structure of the Strategic Management Field: An Author Cocitation Analysis*. Strategic Management Journal, v. 29, p.p. 319-336, 2008.

NININ, P.; SALATKO, C.; VALBOM, J. *Safety status: An Innovative Concept for Maintaining the Safety Integrity Level of Operational Safety Systems*. International Journal of Safety and Security Engineering, v. 8, i. 1, p.p. 139-149, 2018.

PARIKH, P.; PENFIELD, J.; JUAIRE, M. *Automatic Identification of Incidents Involving Potential Serious Injuries and Fatalities (PSIF)*. Scientific Reports, v. 14, art. 8091, 2024.

PASSENIER, D.; SHARPANSKYKH, A.; DE BOER, R. J. *When to STAMP? A Case Study in Aircraft Ground Handling Services*. 3RD European STAMP Workshop, Procedia Engineering, no. 128, p.p. 35-43. Amsterdam, 2015.

PRISMA STATEMENT. Disponível em: <https://www.prisma-statement.org/>. Acesso em: 16/05/2025.

RAMOS-RODRÍGUEZ, A. R.; RUÍZ-NAVARRO, J. *Changes in the Intellectual Structure of Strategic Management Research: A Bibliometric Study of the Strategic Management Journal, 1980-2000*. Strategic Management Journal, v. 25, p.p. 981-1004, 2004.

REASON, J. *Human Error*. New York: Cambridge University Press, 2002.

RELWANI, H. J. *SIL & IPF Evaluation Guidelines for Control System Upgrades*. The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA) - 17TH Annual Joint ISA Power Industry Division (POWID) & Electric Power Research Institute (EPRI) Controls and Instrumentation Conference and 50TH Annual ISA POWID Symposium, 471, p.p. 279-289, 2007.

SCHRÖRS, B. *Functional Safety: IEC 61511 and the Industrial Implementation*. 7TH International Conference on Networked Sensing Systems, art. no. 5574004, p.p. 45-48, 2010.

SCOPUS. Disponível em: <https://www.elsevier.com/products/scopus>. Acesso em: 16/05/2025.

SELEGA, R. P. *Safety Instrumented System-requirements for Successful Operation and Maintenance*. Chemical Engineering Transactions, v. 48, p.p. 619-624, 2016.

SMARTLAB. *Observatório de Saúde e Segurança no Trabalho*. Brasil. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>. Acesso em: 16/05/2025.

ŠPORČIĆ, M.; LANDEKIĆ, M.; PANDUR, Z.; BAČIĆ, M.; ŠUŠNJAR, M.; MIJOČ, D. *Strategic Directions for Strengthening Sustainability of Forestry Workforce*. Croatian Journal of Forest Engineering, v. 46, i. 1, p.p. 179-195, 2025.

STRINGFELLOW, M. V.; LEVESON, N. G.; OWENS, B. D. *Safety-driven Design for Software Intensive Aerospace and Automotive Systems*. Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), no. 98, i. 4, p.p. 515-525. May, 2010.



“Sistemas Sustentáveis na Gestão Ambiental: Inovação e Governança de Dados como Foco Estratégico.”
João Pessoa, Paraíba, Brasil – 27 a 29 de maio de 2026.

THOMAS, J.; SUO, D. *STPA-based Method to Identify and Control Feature Interactions in Large Complex Systems*. 3RD European STAMP Workshop - Procedia Engineering, no. 128, p.p. 12-14. Amsterdam, 2015.

U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS. Washington, DC, USA. Disponível em: <https://www.bls.gov/>. Acesso em: 16/05/2025.