



## ERGONOMIA COGNITIVA E RASTREAMENTO OCULAR NA PERFURAÇÃO DE POÇOS SUBMARINOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Natália Mattos da Silva<sup>1</sup>

Eugenio Andrés Diaz Merino<sup>2</sup>

Iranadir Izaquiel Paulo<sup>3</sup>

### Resumo

---

A tecnologia de rastreamento ocular tem sido explorada em vários contextos para monitorar o comportamento humano por meio dos movimentos oculares. Na indústria de óleo e gás, onde as operações exigem alta concentração e decisões rápidas, ela possibilita a identificação de padrões de atenção visual, carga cognitiva e fadiga, fatores determinantes para o desempenho e segurança. Porém, seu uso, especialmente em operações críticas, é pouco documentado, representando uma lacuna no conhecimento científico. Este estudo teve como objetivo identificar o uso do rastreamento ocular na perfuração de poços submarinos e compreender a interação ser humano versus sistemas de trabalho conforme direciona a ergonomia. Por meio de uma Revisão Integrativa da literatura, foram seguidas seis etapas: identificação do tema e questão de pesquisa; critérios de inclusão e exclusão; seleção de estudos em bases de dados científicas; categorização e síntese dos estudos; análise e interpretação dos resultados; e apresentação da revisão. Foram identificados seis estudos que aplicaram o rastreamento ocular em atividades de controle de poço. Os resultados indicam sua eficácia na investigação de processos cognitivos como consciência situacional, tomada de decisão e padrões de atenção visuais. Modelos preditivos identificaram comportamentos inseguros com alta precisão, destacando seu potencial para otimizar treinamentos e aprimorar a ergonomia dos sistemas de controle em operações de alto risco. Os estudos foram realizados em ambientes simulados, reforçando a necessidade de validação em cenários reais. Futuras pesquisas podem explorar centros de operações remotos e contemplar o impacto da organização do trabalho e cultura organizacional nesse setor.

**Palavras-chave:** Rastreamento ocular, perfuração *offshore*, ergonomia cognitiva, indústria de óleo e gás, *offshore*

### COGNITIVE ERGONOMICS AND EYE TRACKING IN SUBSEA WELL DRILLING: AN INTEGRATIVE REVIEW

#### Abstract

---

Eye tracking technology has been explored in several contexts to monitor human behavior through eye movements. In the oil and gas industry, where operations require high concentration and rapid decision-making, it allows the identification of patterns of visual

---

1 UFSC (Engenharia de Produção/ UFSC). <https://orcid.org/0000-0002-8483-6555> \*  
natalia.tese2024@gmail.com

2 UFSC (Engenharia de Produção/ UFSC) <https://orcid.org/0000-0002-7113-6031>

3 UFSC (Design/ UFSC) <https://orcid.org/0000-0003-3483-9632>



attention, cognitive load, and fatigue, which are determining factors for performance and safety. However, its use, especially in critical operations, is poorly documented, representing a gap in scientific knowledge. This study aimed to identify the use of eye tracking in underwater well drilling and understand the human versus work systems interaction as directed by ergonomics. Through an Integrative Review of the literature, six steps were followed: identification of the topic and research question; inclusion and exclusion criteria; selection of studies in scientific databases; categorization and synthesis of studies; analysis and interpretation of results; and presentation of the review. Six studies that applied eye tracking in well control activities were identified. The results indicate its effectiveness in investigating cognitive processes such as situational awareness, decision-making, and visual attention patterns. Predictive models identified unsafe behaviors with high accuracy, highlighting their potential to optimize training and improve the ergonomics of control systems in high-risk operations. The studies were conducted in simulated environments, reinforcing the need for validation in real scenarios. Future research can explore remote operations centers and consider the impact of work organization and organizational culture in this sector.

**Keywords:** Eye tracking, offshore drilling, cognitive ergonomics, oil and gas industry, offshore

## 1. INTRODUÇÃO

A perfuração de poços submarinos é um processo essencial na exploração e produção de petróleo e gás em reservatórios localizados abaixo do fundo do mar. Envolve a perfuração de formações geológicas no leito marinho para alcançar depósitos de hidrocarbonetos localizados em profundidades que podem variar de algumas centenas a milhares de metros abaixo da superfície.

As operações de perfuração *offshore* são altamente complexas devido a uma série de fatores, como o ambiente isolado em alto-mar, à necessidade de equipamentos de alta tecnologia, à rigorosa gestão de riscos e regulamentos, bem como à tomada de decisões críticas em tempo real, e nesse cenário a segurança e eficiência das operações são de extrema importância. As atividades de perfuração de poços submarinos exigem alto nível de habilidade e conhecimento e o ambiente de trabalho é caracterizado por condições específicas, em que decisões críticas precisam ser tomadas em tempo real e o mais rápido possível. Nesse cenário, falar em “erro humano” como causa principal de acidentes é visto como uma simplificação excessiva, que desconsidera a complexidade e variabilidade do trabalho real (Daniellou et al., 2010). Acidentes graves ou fatais ocorrem em virtude de uma combinação de falhas em diversas barreiras de prevenção ou de problemas relacionados a questões organizacionais ou de projeto, raramente resultando de uma falha individual isolada.

A indústria de óleo e gás enfrenta desafios crescentes relacionados à segurança e eficiência em operações de perfuração de poços submarinos. Esses desafios emergem da complexidade da atividade, do trabalho humano e da interação de múltiplos fatores (técnicos, organizacionais, humanos, sociais e econômicos). Diante disso, fatores humanos como atenção,

tomada de decisão e consciência situacional são cruciais. O trabalho prescrito, por exemplo, por mais detalhado que seja, não dá conta da totalidade da realidade e das variabilidades imprevisíveis do cotidiano. A segurança em campo não se baseia apenas no cumprimento de regras ("segurança normatizada"), mas na "segurança em ação", que é a capacidade de resposta pertinente em tempo real através da adaptação dos procedimentos e da experiência dos sujeitos (Daniellou et al., 2010).

Uma vez que constantemente nessa indústria os trabalhadores precisam lidar com interfaces homem-máquina complexas e instrumentação altamente tecnológica, a ergonomia, que investiga a interação entre humanos, sistemas e ambientes de trabalho, é essencial para compreender a atividade de trabalho. Segundo Iida & Guimarães (2016), os determinantes do trabalho incluem fatores internos, como idade, estado físico/mental e experiência profissional, e fatores externos, como condições de trabalho, normas, organização e equipamentos utilizados.

Para o ergonomista, é essencial compreender não apenas os aspectos visíveis do trabalho, como movimentos e posturas, mas também os elementos invisíveis que influenciam a atividade laboral, como os raciocínios, a atividade mental, o saber-fazer, as emoções e sensações envolvidas (Ferreira, 2024). Assim, nesse cenário de contextos complexos da indústria de óleo e gás, a ergonomia cognitiva se destaca. Por meio dela, é possível investigar como os processos mentais, emocionais e afetivos dos indivíduos são envolvidos na interação com sistemas, ambientes, interfaces ou objetos (Silva et al., 2021). A ergonomia cognitiva aborda questões como a distribuição da atenção, que examina como os trabalhadores gerenciam múltiplas tarefas simultaneamente; a tomada de decisões, analisando como escolhas são feitas em diferentes contextos; e a formação de habilidades de aprendizagem (Cañas et al., 2011). Segundo Torres (2021), a ergonomia cognitiva estuda os processos mentais (como percepção, memória, raciocínio e respostas motoras) envolvidos nas interações entre o trabalhador e sistemas, e seus principais temas de estudo incluem carga mental, tomada de decisões, interação humano-máquina, confiabilidade humana, estresse laboral e trabalho em equipe. Essa abordagem visa aumentar a eficiência, como também promover a segurança e o bem-estar mental dos trabalhadores (Cañas et al., 2011).

Em um sistema sociotécnico complexo, ao tratar de tomada de decisão, esta envolve a necessidade de interação de habilidades técnicas (engenharia, administração, perfuração) com habilidades não-técnicas (comunicação, liderança, trabalho em equipe, consciência situacional), para que ela seja adequada e promova tanto a melhoria do desempenho, quanto a segurança da operação (Flin et al., 2008).



Diante disso, tecnologias como o rastreamento ocular (*eye tracking*), têm sido utilizadas para monitorar e avaliar o comportamento humano. A tecnologia do *eye tracking* consiste em um sistema que utiliza óculos equipados com sensores ópticos conectados a um software especializado capaz de capturar e analisar os movimentos oculares de um indivíduo em tempo real. Essa tecnologia permite identificar com precisão onde, quando e por quanto tempo a pessoa fixa o olhar em diferentes pontos de um campo visual. Com isso, torna-se possível mapear a trajetória do olhar, determinar áreas de maior atenção ou negligência e avaliar o comportamento visual durante a execução de tarefas. A tecnologia de rastreamento ocular vem sendo usada desde a década de 1970 para investigar processos na tomada de decisões (Kodappully et al, 2016). Conforme Merino et al. (2020), os seres humanos realizam uma série de ações, tomam decisões e exibem comportamentos diretamente ligados aos movimentos oculares e à fixação do olhar. Ao refletir sobre os domínios de especialização da ergonomia, percebe-se que há dois domínios relacionados ao uso do *eye tracking*: o físico (capacidade sensorial da visão, uma vez que os olhos são constituídos por vários músculos que controlam seus movimentos) e o cognitivo (atenção, tomada decisão, carga mental entre outros).

O *eye tracking*, como tecnologia utilizada na pesquisa científica, pode ser empregado em atividades não críticas, como compras (Gallina et al., 2022) e computação (Costa, 2024), e também em contextos complexos, como ferramenta de avaliação de carga mental, reconhecimento de perda de consciência situacional, detecção de distrações, falta de atenção e fadiga (Li et al., 2023). Gobbi et al. (2017) relata que as principais medidas que o *eye tracking* pode fornecer são fixação do olhar (número, tempo e dispersão das fixações), sacadas (baseadas nas fixações de um ponto a outro) e piscadas (número e duração). Estudos na aviação utilizando câmeras e óculos de rastreamento ocular para analisar o comportamento dos pilotos durante voos reais, operações militares e aviação geral demonstram que o rastreamento ocular pode ser aplicado com segurança em tarefas em domínios críticos para a segurança, sem impactar as operações ou a execução das tarefas (IOGP, 2024, p.6).

No entanto, seu uso em operações críticas de segurança tem sido raro, não havendo registros da sua utilização em operações de poços em tempo real (IOGP, 2024, p.6). Estudos apontam que tecnologias como o rastreamento ocular têm demonstrado potencial em outros setores críticos, como na indústria de aviação, marítima e construção, e sua aplicação em operações *offshore* deve ser incentivada (Martinez-Marquez et al., 2021). No contexto de operações de perfuração *offshore*, a perda de controle do poço é um risco crítico, exigindo alta vigilância dos operadores. Para Ikuma et al. (2014) os principais processos que influenciam o desempenho de um operador são: perceber informações relevantes (medidas pelo movimento

dos olhos), integrar os dados em conjunto com as metas da tarefa (avaliadas por meio de classificações de carga de trabalho percebidas) e prever eventos futuros e estados do sistema (avaliados por meio de medidas de consciência situacional).

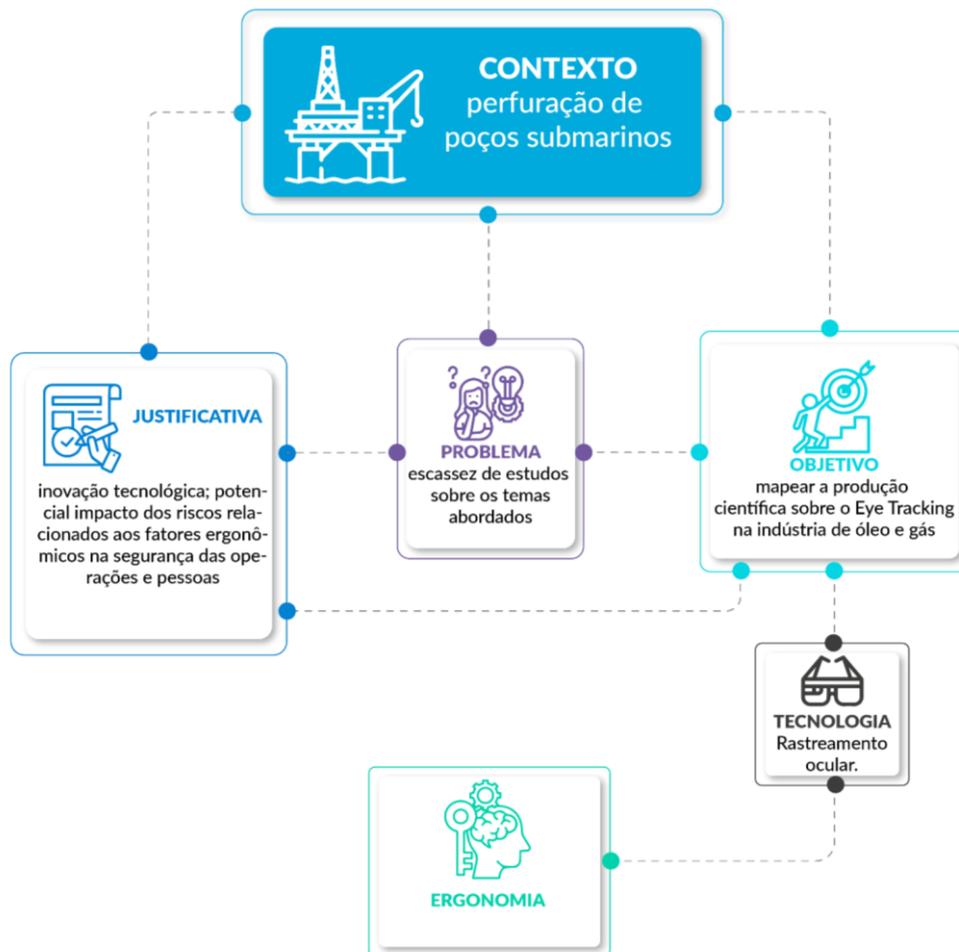
Nesse cenário, o rastreamento ocular pode contribuir para identificar problemas na segurança e aumentar consequentemente a confiabilidade humana, otimizar a atenção e a tomada de decisão dos operadores em operações de alto risco (IOGP, 2024, p.6). Falta de orientação e execução inadequada diante situações anormais podem ser identificadas por meio estudos experimentais utilizando o rastreamento ocular no entendimento do comportamento cognitivo de operadores em salas de controle (Kodappully et al., 2016). Assim, há uma necessidade de explorar o uso do rastreamento ocular para avaliação e aprimoramento do desempenho de trabalhadores em situações críticas de controle de poços *offshore*.

Dada essa necessidade, fundamentada na relevância prática e no impacto potencial da tecnologia em um setor com altos riscos, o objetivo dessa pesquisa foi o de identificar o uso do rastreamento ocular na perfuração de poços submarinos e compreender a interação ser humano versus sistemas de trabalho conforme direciona a ergonomia.

A justificativa deste estudo está fundamentada tanto no potencial da inovação tecnológica por meio do uso do *eye tracking* para compreender processos cognitivos, quanto no potencial impacto dos riscos relacionados aos fatores ergonômicos, como é o caso da fadiga, por exemplo, que impacta na atenção, consciência situacional, segurança operacional e tomada de decisões. A temática de segurança e desempenho humano em operações de exploração de petróleo *offshore* ainda é sub explorada em países com intensa atividade de exploração como o Brasil, que desempenha papel crucial na produção global de petróleo e gás. Em 2023, o Brasil foi o 8º maior produtor de petróleo no mundo, ficando atrás somente dos maiores produtores – Estados Unidos, Arábia Saudita, Rússia, Canadá, Iraque, China e Irã (IBP, 2024). Apesar das contribuições ao setor, o Brasil ainda apresenta lacunas em publicações científicas e estudos focados em fatores humanos e tecnologias como o rastreamento ocular em contextos reais de perfuração *offshore*. A figura 1 demonstra a síntese e conexão dos temas da pesquisa.



**Figura 1** - Síntese e conexão dos temas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

## 2. MÉTODO

Esta pesquisa trata-se de uma Revisão Integrativa da Literatura, realizada em outubro de 2024, cuja metodologia de pesquisa abrange revisão, análise e síntese da literatura representativa sobre um tópico de forma integrada, visando gerar novos quadros teóricos e perspectivas sobre um assunto (Torraco, 2005). A Revisão Integrativa possui o rigor metodológico das revisões sistemáticas, possibilitando assim os estudos de revisão em diversas áreas do conhecimento (Mattos, 2015). Com esse método de pesquisa é possível realizar uma análise do conhecimento já desenvolvido em estudos anteriores sobre um tema específico (Broome, 2000). Bem como promover a compreensão holística dos diversos fatores que influenciam um determinado tema por meio da identificação de padrões, tendências e lacunas

no panorama das pesquisas, possibilitando assim a orientação de futuras pesquisas (Konstantinidis, 2024). Assim, para o desenvolvimento desta revisão, foram seguidas as seis etapas do processo de revisão integrativa discutido por Botelho et al. (2011) e aplicado por Paulo et al. (2023), conforme apresentado na Figura 2 e descrito a seguir.

Figura 2 - Síntese visual das etapas da Revisão Integrativa da Literatura



Fonte - Elaborada pelos autores com base em Botelho et al. (2011).

### 1ª Etapa: Identificação do tema e formulação da questão de pesquisa

De acordo com Mendes et al. (2008) esta etapa inicial deve incluir a definição do problema e formulação da pergunta de pesquisa. Whittemore & Knafl (2005) salientam que com a identificação clara do problema e propósito bem definido é possível estabelecer o foco e identificar delimitações no processo da revisão integrativa. Assim, definidos o problema e pergunta de pesquisa, os próximos passos envolvem a formulação da estratégia de busca por meio da identificação dos descritores ou palavras-chave, bem como definição das bases de dados (Broome, 2006).

### 2ª Etapa: Definição dos critérios de inclusão e exclusão



Nessa fase, foram determinados os critérios de inclusão e exclusão da pesquisa. Segundo Mattos (2015), estabelecer de forma criteriosa e transparente esses critérios indica que as conclusões finais da revisão possuem profundidade, qualidade e confiabilidade. Como exemplos de critérios de inclusão e exclusão podem ser definidos: recorte temporal, tipos de documento, idioma e conteúdo de acesso aberto ou fechado (Botelho et al., 2011)

### **3ª Etapa: Identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados**

Nesta etapa, o revisor procura organizar e resumir as informações concisamente, criando um banco de dados que seja de fácil acesso e manuseio (Mendes et al., 2008).

### **4ª Etapa: Categorização e avaliação dos estudos selecionados**

De acordo com Ganong (1987) esta etapa equivale à análise dos dados em uma pesquisa convencional. A matriz de síntese é um instrumento utilizado para auxiliar na interpretação e construção da redação da revisão integrativa e depende principalmente da criatividade e organização do pesquisador para apresentação dos dados (Klopper et al., 2007).

### **5ª Etapa: Análise e interpretação dos resultados**

Para Torracco (2005), a análise crítica de dados identifica os pontos fortes e as principais contribuições da literatura, bem como deficiências, omissões, imprecisões e outros aspectos problemáticos. Assim, ao evidenciar os pontos fortes e identificar as lacunas na literatura existente, a análise e interpretação de resultados é uma etapa fundamental para aprimorar a base de conhecimento e identificar os caminhos de futuras pesquisas.

### **6ª Etapa: Apresentação da revisão e síntese do conhecimento**

Por fim, esta etapa tem como propósito descrever de forma criteriosa todas as etapas executadas anteriormente, apresentando os principais resultados alcançados. Conforme Botelho et al. (2011) a revisão integrativa deve possibilitar a replicação do estudo. Para Konstantinidis (2024) a síntese dos resultados em um modelo pode retratar o processo de integração, implicações para a prática, e reconhecer as limitações inerentes à revisão.

## **3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Na **primeira etapa** deste estudo foram definidos a temática, o problema e a pergunta de pesquisa. Os temas de pesquisa levantados foram: Ergonomia cognitiva, tecnologia de rastreamento ocular e perfuração de poços submarinos. Como problema de pesquisa identificou-se o desconhecimento sobre a produção científica envolvendo o uso da tecnologia

de rastreamento ocular na indústria de óleo e gás. Com a temática e problema definidos, estabeleceu-se a seguinte pergunta de pesquisa: que estudos estão sendo realizados utilizando rastreamento ocular nas atividades de perfuração de poços submarinos?

A definição das strings de busca foi orientada pelos descritores recorrentes na literatura sobre ergonomia em ambientes *offshore* e as bases de dados selecionadas foram escolhidas por sua reconhecida relevância acadêmica e ampla cobertura de publicações científicas nas áreas de saúde ocupacional, engenharia e ergonomia. Como estratégia de pesquisa foram montadas strings de busca em dois idiomas, no inglês: (“*eye tracking*” OR “*gaze tracking*”) AND (“*drilling*” OR “*well drilling*” OR “*drilling operations*” OR “*oil drilling*”) AND (“*offshore*” OR “*oil rigs*” OR “*offshore operations*”); e em português: (“rastreamento ocular” OU “rastreamento do olhar”) E (“perfuração” OU “perfuração de poços” OU “operações de perfuração” OU “perfuração de petróleo”) E (“*offshore*” OU “plataformas de petróleo” OU “operações *offshore*”). As bases de dados internacionais escolhidas foram: *Scopus*, *Dissertations & Theses ProQuest*, *Web of Science*, *Scencedirect*, *Scielo* e *PUBMED*; e as bases de dados nacionais: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações- BDTD e Catálogo de Teses e Dissertações da Capes.

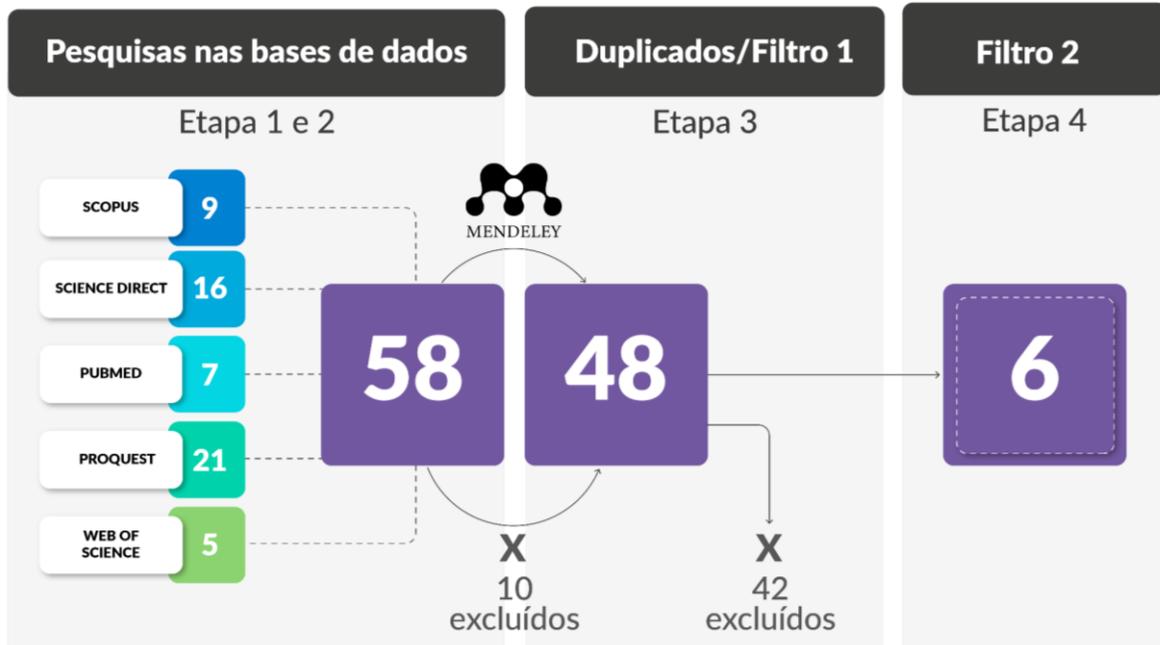
Como resultado da **segunda etapa**, foram definidos os seguintes critérios de inclusão: recorte temporal de 2014 a 2024, documentos de acesso aberto do tipo artigo, *conference paper* e teses e dissertações, sendo todos os documentos selecionados nos idiomas inglês, português e espanhol. O inglês foi incluído por ser a principal língua veicular da produção científica global, especialmente nas áreas de engenharia, ergonomia e petróleo, e o português e o espanhol foram considerados para abarcar estudos realizados em países latino-americanos com atuação na indústria *offshore*. Como critério de exclusão definiu-se: capítulos de livros, documentos de acesso fechado/pago e artigos de revisão (sistemática, integrativa e narrativa) com o objetivo de priorizar estudos originais e com dados primários.

Com os critérios estabelecidos, a **terceira etapa** da pesquisa foi realizada. Foram encontrados 58 documentos: *Dissertations & Theses ProQuest* (21), *Scencedirect* (16), *Scopus* (9), *PUBMED* (7), *Web of Science* (5), *Scielo* (0), Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações- BDTD (0) e Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (0). Todos os 58 documentos foram inseridos no *software Mendeley* para gerenciamento de referências e nesse momento realizou-se a verificação dos arquivos duplicados, os quais totalizaram 10. Na sequência, iniciou-se a filtragem dos documentos por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave para identificar os mais alinhados com a pesquisa. Após esse filtro, 6



documentos apresentaram estudos que utilizaram a tecnologia de rastreamento ocular em atividades de perfuração de poços submarinos. A figura 3 apresenta a sistematização do processo de filtragem das pesquisas encontradas.

**Figura 3 -** Filtragem das pesquisas encontradas



Fonte - Elaborada pelos autores com base em Botelho et al. (2011)

Com os artigos selecionados, **iniciou-se a etapa 4**, em que se realizou a leitura detalhada dos documentos, seguida de categorização e extração de dados. Ainda na etapa 4 realizou-se a montagem da matriz de síntese para cada um dos estudos selecionados (quadro 2):

**Quadro 2 -** Matriz síntese resultante

<b>MATRIZ DE SÍNTESE 1</b>	(Naqvi <i>et al.</i> ,2019)
<b>Título</b>	<i>Using content analysis through simulation-based training for offshore drilling operations: Implications for process safety</i>
<b>País</b>	EUA
<b>Veículo de Publicação</b>	<i>Process Safety and Environmental Protection</i>
<b>Percentil do veículo de publicação</b>	95%
<b>Objetivo</b>	Apresentar o uso potencial da análise de conteúdo como uma ferramenta para otimizar treinamentos baseados em simulação, podendo ser aplicada para melhorar os fatores humanos em atividades de perfuração e controle de poços.

<b>Método</b>	Os autores realizaram uma análise de conteúdo em um cenário de simulação de perfuração offshore utilizando o simulador de realidade virtual (VRDS) da Universidade de Oklahoma, com dois novatos e dois especialistas atuando como assistentes de sondador. Durante a atividade de <i>trip-in</i> , uma anomalia foi introduzida para testar a adaptação dos participantes. As conversas gravadas com óculos de rastreamento ocular foram transcritas e analisadas qualitativamente, categorizando interações em solicitação, confusão e endosso. Mapas semânticos gerados pelo <i>software</i> Pajek destacaram diferenças entre novatos e especialistas, evidenciando o impacto da experiência na comunicação e na resposta a cenários anômalos. A análise foi validada por um engenheiro experiente, garantindo precisão nos resultados.
<b>Resultados</b>	Os resultados da análise de conteúdo foram traduzidos em mapas semânticos. Ao comparar os mapas semânticos dos novatos e especialistas, foi possível identificar diferenças significativas nos padrões de comunicação e eficiência operativa, sendo que os especialistas apresentaram menor estado de confusão e maior desempenho operacional. O estudo demonstrou como os fatores humanos impactam o desempenho, contribuindo para a otimização dos treinamentos baseados em simulação na indústria de perfuração <i>offshore</i> .
<b>Contexto real ou simulado</b>	Simulado
<b>Limitações</b>	O pequeno número de participantes (quatro) limita a generalização dos resultados. Além disso, o estudo foi conduzido em um ambiente simulado, podendo não refletir totalmente as condições de uma operação real.
<b>Futuros estudos</b>	Incluir um número maior de participantes. Explorar o uso dessa metodologia em operações reais de perfuração <i>offshore</i> para validar os achados obtidos no ambiente simulado. Integrar a análise de conteúdo com outras ferramentas de rastreamento de processos, como o rastreamento ocular, para otimizar os cenários de simulação de controle de poços. Otimização dos quadros de treinamento e avaliação incorporando análise de fatores humanos.

<b>MATRIZ DE SÍNTESE 2</b>	(Chen <i>et al.</i> , 2024)
<b>Título</b>	<i>Identification method for safety hazard behavior in offshore drilling operators</i>
<b>País</b>	China
<b>Veículo de Publicação</b>	<i>Ocean Engineering</i>
<b>Percentil do veículo de publicação</b>	87%
<b>Objetivo</b>	Desenvolver um método baseado em rastreamento ocular e no modelo <i>TPE-LightGBM</i> para identificar comportamentos de risco em operadores de perfuração <i>offshore</i> , focando em fadiga e inexperiência.
<b>Método</b>	O estudo utilizou rastreamento ocular e o modelo de aprendizado de máquina <i>TPE-LightGBM</i> para identificar comportamentos de risco em operadores de perfuração offshore. Dados de movimento ocular de 42 operadores (21 a 30 anos) foram coletados durante operações simuladas, abrangendo fixação ocular, sacadas e diâmetro pupilar. O cenário foi dividido em áreas sensíveis, como o cabeçote de perfuração, e analisado com cartas de calor. Cinco parâmetros críticos de rastreamento ocular foram selecionados, incluindo tempo total de fixação e diâmetro médio da pupila. O modelo <i>LightGBM</i> foi otimizado com o algoritmo TPE para ajustar hiperparâmetros, garantindo alta eficiência. A validação cruzada em 10 vezes confirmou a precisão do modelo, que utilizou 72% dos dados para treinamento e 28% para teste.
<b>Resultados</b>	O modelo <i>TPE-LightGBM</i> mostrou-se eficaz na identificação em tempo real de comportamentos de risco em operadores de perfuração <i>offshore</i> , como fadiga e inexperiência, sem falsos positivos ou negativos. O tempo médio de aquisição de dados durante operações de fadiga foi significativamente maior (248,41 segundos) em comparação com operações normais (174,38 segundos), refletindo a perda de eficiência dos operadores fatigados. O modelo superou outros algoritmos, como <i>XGBoost</i> e <i>Random Forest</i> , em termos de precisão e eficiência. Enquanto o modelo <i>LightGBM</i> ajustado não apresentou alarmes falsos, os outros algoritmos tiveram um desempenho inferior em termos de precisão, com o <i>XGBoost</i> gerando 2 falsos alarmes e o <i>Random Forest</i> , 6. Esses resultados demonstram o potencial da integração de dados oculares com algoritmos



	avançados para monitorar comportamentos de risco, com aplicação promissora tanto em simulações quanto em cenários reais no futuro.
<b>Contexto real ou simulado</b>	Simulado
<b>Limitações</b>	O estudo foi realizado em um ambiente controlado, com boas condições de iluminação e estabilidade da cabeça, limitando sua aplicação em operações reais, onde há movimento constante e iluminação variável. A amostra de 42 operadores foi relativamente pequena, restringindo a generalização dos resultados para a população de operadores <i>offshore</i> . Além disso, embora o método tenha se mostrado eficaz em simulações, falta validação em cenários reais, onde fatores como clima, carga de trabalho variável e fadiga podem impactar significativamente o desempenho.
<b>Futuros estudos</b>	Desenvolver métodos que permitam identificar comportamentos de risco em ambientes reais, onde operadores têm maior mobilidade. Integrar a análise de conteúdo com outras ferramentas, como tecnologias de realidade aumentada ou inteligência artificial para fornecer suporte adicional na identificação de comportamentos de risco em tempo real. Incluir uma amostra maior e mais diversificada de operadores, abrangendo diferentes níveis de experiência e exposição a diferentes condições de operação.

<b>MATRIZ DE SÍNTESE 3</b>	(Naqvi <i>et al.</i> , 2020)
<b>Título</b>	<i>Simulation-based training to enhance process safety in offshore energy operations: Process tracing through eye-tracking</i>
<b>País</b>	EUA
<b>Veículo de Publicação</b>	<i>Process Safety and Environmental Protection</i>
<b>Percentil do veículo de publicação</b>	95%
<b>Objetivo</b>	Aplicar a metodologia de rastreamento ocular em simulações de controle de poços offshore para identificar padrões de aquisição de informações, comparando o desempenho de operadores novatos e experientes.
<b>Método</b>	O estudo utilizou o simulador portátil <i>DrillSim:50</i> , amplamente reconhecido para certificações de controle de poços pela IADC e IWCF. A coleta de dados foi realizada com óculos de rastreamento ocular que registraram fixações e sacadas durante a simulação, envolvendo 14 participantes (12 novatos e 2 especialistas) da Universidade de Oklahoma. A simulação incluiu momentos de interesse (TOIs) em etapas críticas, como detecção e controle de <i>kick</i> e circulação do poço. O desempenho foi avaliado com base em padrões de fixação em áreas de interesse (AOIs), sendo os dados analisados com o <i>software Tobii</i> para comparar o desempenho entre novatos e especialistas.
<b>Resultados</b>	O estudo revelou diferenças significativas entre os padrões de aquisição de informações de participantes experientes e novatos. Os especialistas concentraram suas fixações em áreas críticas e mantiveram maior consciência situacional, enquanto os novatos dispersaram suas fixações, atenção, levando a erros e perda de controle do poço. Os resultados sugerem que o rastreamento ocular é uma ferramenta eficaz para identificar padrões de atenção e consciência situacional entre operadores de diferentes níveis de experiência. Isso demonstra que o treinamento baseado em simulação, complementado por tecnologias de rastreamento ocular, pode ser útil para identificar pontos fracos no desempenho de operadores novatos e melhorar seu treinamento.
<b>Contexto real</b>	Simulado

<b>ou simulado</b>	
<b>Limitações</b>	A amostra relativamente pequena de 14 participantes, dos quais apenas dois eram considerados especialistas, limita a generalização dos resultados. Embora o simulador tenha sido amplamente utilizado para treinamentos, ainda há uma diferença significativa entre o ambiente de simulação e as condições reais de operação <i>offshore</i> , o que pode afetar a aplicabilidade dos resultados no campo.
<b>Futuros estudos</b>	Validação em Operações Reais: Aplicação da metodologia de rastreamento ocular em operações reais para validar os resultados em condições de campo. Expansão da Amostra: Ampliar a amostra para incluir operadores com níveis variados de experiência.

<b>MATRIZ DE SÍNTESE 4</b>	(Raza <i>et al.</i> ,2019)
<b>Título</b>	<i>Situational awareness measurement in a simulation-based training framework for offshore well control operations</i>
<b>País</b>	EUA
<b>Veículo de Publicação</b>	<i>Journal of Loss Prevention in the Process Industries</i>
<b>Percentil do veículo de publicação</b>	84%
<b>Objetivo</b>	Avaliar e medir a consciência situacional de operadores de perfuração offshore em um ambiente de treinamento baseado em simulação, utilizando técnicas de rastreamento ocular, análise de voz, questionários e métricas de desempenho.
<b>Método</b>	O estudo utilizou o simulador <i>DrillSim:50</i> , certificado pela IWCF e IADC, para treinamento de controle de poços offshore, com 13 engenheiros em formação divididos em pares ( <i>Driller e Supervisor</i> ). Durante a simulação, os participantes eram responsáveis por detectar e mitigar <i>kicks</i> , com rastreamento ocular monitorando sua atenção em áreas críticas do painel. A simulação foi pausada em três momentos críticos ( <i>freeze points</i> ) para coleta de dados sobre conhecimento da tarefa e consciência situacional, usando questionários e análise de logs de voz. O desempenho foi avaliado com uma lista de verificação que analisava a execução correta de procedimentos, como estabilização de pressões e circulação do poço.
<b>Resultados</b>	A consciência situacional foi fortemente correlacionada com o conhecimento das tarefas e a confiança dos supervisores. Os participantes com maior conhecimento das tarefas de controle de <i>kick</i> tiveram melhor desempenho. Supervisores com excesso de confiança tendiam a cometer mais erros, revelando vulnerabilidade na tomada de decisões. O uso de rastreamento ocular e análise de comunicação permitiu a identificação de pontos críticos que impactam a consciência situacional e o desempenho.
<b>Contexto real ou simulado</b>	Simulado
<b>Limitações</b>	A amostra de 13 participantes limita a capacidade de generalização dos resultados para toda a comunidade de perfuração <i>offshore</i> . Embora o simulador ofereça uma boa aproximação de situações reais, a simulação não captura completamente as complexidades do campo, como estresse e fadiga prolongada em operações reais.
<b>Futuros estudos</b>	Aumentar o Tamanho da Amostra: Incluir uma amostra maior e diversificada, permitindo maior generalização dos achados. Validação em Cenários Reais: Futuros estudos devem buscar aplicar essas metodologias em ambientes operacionais reais para validar os resultados observados em simulação.

<b>MATRIZ DE SÍNTESE 5</b>	(Chen <i>et al.</i> ,2023)
<b>Título</b>	<i>Early warning method of unsafe behavior accidents for offshore drilling operators based on eye-tracking trajectory</i>
<b>País</b>	China
<b>Veículo de Publicação</b>	<i>Process Safety and Environmental Protection</i>



<b>Percentil do veículo de publicação</b>	95%
<b>Objetivo</b>	Desenvolver um método de aviso prévio de comportamentos inseguros de operadores de perfuração <i>offshore</i> , utilizando rastreamento ocular e o modelo IETTSM-DLD para prever acidentes causados por comportamentos inseguros.
<b>Método</b>	O estudo utilizou o rastreamento ocular de 42 operadores de perfuração em treinamento durante operações simuladas de perfuração <i>offshore</i> em seis comportamentos de perfuração: operação normal, operação não qualificada, operação sob fadiga, erros de ação, ações omitidas e ordem incorreta. Um algoritmo IETTSM ( <i>Improved Eye-tracking Trajectory Sequence Method</i> ) foi utilizado para serializar as trajetórias oculares, e o algoritmo DLD ( <i>Damerau-Levenshtein Distance</i> ), para análise dos desvios das trajetórias. O Modelo proposto (IETTSM-DLD) para serializar e comparar as trajetórias de fixação ocular com a sequência padrão, se propõe a gerar alertas com base em desvios entre as trajetórias reais e as esperadas.
<b>Resultados</b>	O modelo apresentou uma precisão média de 91,9% para avisos de comportamentos inseguros, e o tempo médio para geração de alerta foi de 120,97 segundos. Operações como fadiga e ordens incorretas apresentaram 100% de precisão na emissão de avisos, enquanto erros de ação tiveram uma precisão de 61,9%. Operações não qualificadas e sob fadiga resultaram em maior número de alerta de comportamento anormal, enquanto operações de ação errada e ordem incorreta geraram menos alerta. A trajetória de nós de fixação de operações normais foi consistentemente alta, refletindo a precisão e estabilidade das operações normais. A análise mostrou que a agregação de nós de trajetória (fixações excessivas em certas áreas) é um forte indicador de operações inseguras, como fadiga e falta de qualificação. Operadores que apresentaram trajetórias dispersas tiveram um desempenho inferior, indicando risco elevado de erros operacionais.
<b>Contexto real ou simulado</b>	Simulado
<b>Limitações</b>	Estudo realizado em um ambiente simulado, podendo não capturar completamente a complexidade de operações <i>offshore</i> reais. O modelo atribui o mesmo peso a todos os nós da trajetória ocular, sem considerar a importância relativa de cada ponto. Isso pode limitar a precisão da identificação de comportamentos inseguros em alguns casos.
<b>Futuros estudos</b>	Validação em Operações Reais: Aplicação em cenários reais de perfuração, onde fatores externos como clima e condições de trabalho podem influenciar o comportamento dos operadores de maneiras diferentes do ambiente simulado. Aprimoramento do Modelo: Ponderação dos nós da trajetória ocular, atribuindo maior ou menor importância a diferentes áreas de fixação, o que pode aumentar a acurácia na detecção de comportamentos inseguros.

<b>MATRIZ DE SÍNTESE 6</b>	(Raza <i>et al.</i> , 2023)
<b>Título</b>	<i>An Eye Tracking Based Framework for Safety Improvement of Offshore Operations</i>
<b>País</b>	Paquistão
<b>Veículo de Publicação</b>	<i>Journal of Eye Movement Research</i>
<b>Percentil do veículo de publicação</b>	57%
<b>Objetivo</b>	Propor uma metodologia baseada em rastreamento ocular para avaliar e melhorar a consciência situacional de operadores em operações de perfuração <i>offshore</i> , comparando o desempenho de especialistas e novatos em ambientes simulados.
<b>Método</b>	Neste estudo, 23 novatos e 1 especialista (com 30 anos de experiência) participaram de simulações de controle de poço <i>offshore</i> usando o simulador VRDS. Foi utilizado o Tobii TX 300 (300 Hz) para capturar movimentos oculares. Três áreas de interesse (AOIs) foram designadas: taxa de penetração, fluxo de saída e volume de gás. A dilatação da pupila foi registrada para avaliar a resposta cognitiva dos participantes. A duração e a contagem de fixações nas AOIs foram medidas e comparadas entre o especialista e os novatos. Também foi analisado o diâmetro pupilar durante momentos críticos da simulação. Testes de Kruskal-Wallis foram usados para analisar a diferença entre novatos e especialistas nas AOIs.

<b>Resultados</b>	O especialista demonstrou maior eficiência ao focar suas fixações nas AOIs relevantes durante momentos críticos, como a detecção de <i>kicks</i> , enquanto os novatos mostraram dispersão de suas fixações. A dilatação pupilar do especialista foi maior nos momentos críticos, indicando maior alerta e melhor consciência situacional. Testes estatísticos confirmaram diferenças significativas na duração e contagem de fixações entre as AOIs, com o especialista mostrando uma resposta mais eficiente em comparação com os novatos.
<b>Contexto real ou simulado</b>	Simulado
<b>Limitações</b>	Amostra pequena: 1 especialista e 23 novatos, limitando a generalização dos resultados. Contexto simulado: fator que não captura totalmente as complexidades e pressões do ambiente real offshore.
<b>Futuros estudos</b>	Análise nos níveis de consciência situacional de cada indivíduo. Expansão da amostra: incluir mais especialistas, a fim de criar uma base comparativa mais robusta.

Fonte - Elaborada pelos autores com base em Botelho et al. (2011)

Na **etapa 5** realizou-se a análise e interpretação dos estudos selecionados para identificar similaridades, diferenças e possibilidades de novos estudos:

### 3.1 Características gerais dos estudos

Os seis estudos analisados compartilharam o foco no uso da tecnologia de rastreamento ocular para avaliar e aprimorar a segurança e o desempenho em operações de perfuração de poços submarinos. Conduzidos integralmente em cenários simulados, utilizaram realidade virtual e dispositivos de rastreamento ocular de alta precisão para monitorar a atenção, consciência situacional (SA) e padrões de comportamento. Os simuladores permitem isolar variáveis críticas, como movimentos oculares e decisões em situações de anomalia, mas não replicam integralmente pressões psicológicas e emocionais presentes em operações reais, como estresse elevado e urgência temporal.

No que se refere aos resultados obtidos com o uso do *eye-tracking*, nos estudos de Chen et al. (2024) cinco parâmetros oculares críticos foram utilizados para caracterizar comportamentos de risco: número total de pontos de fixação, tempo total de fixação, comprimento total de sacada, tempo total de sacada e diâmetro médio da pupila. A dilatação pupilar, por exemplo, foi maior nos momentos críticos, indicando maior alerta e melhor consciência situacional nesses momentos (Raza et al.,2023). Para Chen et al. (2024) as variações do diâmetro da pupila podem servir como indicadores de fadiga do operador e níveis de engajamento durante operações de perfuração, uma vez que em operações normais, o diâmetro médio da pupila indicou uma faixa típica consistente (19,16px), em operação envolvendo fadiga exibiu um diâmetro médio menor (10,04px), e em operações inexperientes exibiu maior diâmetro da pupila (22,85px), refletindo níveis de concentração elevados. Ao comparar novatos com especialistas, verificou-se que os especialistas concentraram suas fixações em áreas críticas e mantiveram maior consciência situacional, enquanto os novatos



dispersaram suas fixações, atenção, levando a erros e perda de controle do poço (Naqvi et al., 2020). As fixações excessivas de olhar em determinadas áreas, indicaram operações inseguras e operadores que apresentaram trajetórias de fixação dispersas tiveram um desempenho inferior, indicando risco elevado de erros operacionais (Chen et al., 2023).

### 3.2 Objetivo e metodologia

Os estudos analisados apontaram um objetivo comum: utilizar a tecnologia de rastreamento ocular para explorar o comportamento humano em tarefas críticas, buscando medir e aprimorar a consciência situacional (SA), a eficiência e a segurança em operações de perfuração *offshore*. Os métodos empregados demonstraram resultados positivos em ambientes de treinamento de equipe simulados em laboratório e em contextos de exploração científica (Chen et al., 2024). Naqvi et al. (2019) destacaram, por meio de análise de conteúdo, o potencial da tecnologia de rastreamento ocular para interpretar padrões de comunicação em dados falados e escritos, permitindo otimizar treinamentos e melhorar os fatores humanos. A otimização dos treinamentos, segundo Naqvi et al. (2019), ocorre ao se ir além da simples avaliação de habilidades técnicas, integrando a análise de conteúdo em tempo real para entender os processos cognitivos e os estados mentais dos operadores. Isso permite identificar lacunas, fornecer *feedback* direcionado e personalizar o aprendizado para que os novatos possam adquirir as estratégias de informação e habilidades dos especialistas de forma mais eficiente. Raza et al. (2019) incluíram também em seu estudo a análise qualitativa de *logs* de voz (o equipamento permite, de forma sincronizada, gravar a voz) e comportamentos durante a simulação, além de questionários subjetivos de consciência situacional (SA). Para Krippendorff (2004), a análise de conteúdo dessas comunicações fornece *insights* psicológicos com base nas palavras utilizadas pelos participantes, complementando as avaliações quantitativas. Adicionalmente, Naqvi et al. (2020) centraram seus estudos em métricas objetivas, como as fixações oculares em Áreas de Interesse (AOIs), para identificar padrões comportamentais. Esse enfoque incluiu a comparação de desempenho entre profissionais novatos e experientes, metodologia também empregada por Naqvi et al. (2019) e Raza et al. (2023). Em uma abordagem voltada para a segurança, Chen et al. (2023) desenvolveram um sistema baseado em aprendizado de máquina para prever comportamentos inseguros, oferecendo alertas antecipados de acidentes. Raza et al. (2023) misturaram a análise qualitativa de comportamento visual e fixações oculares com dados quantitativos de pupilometria e testes estatísticos (Kruskal-Wallis). Diante disso, é notável que a complexidade das pesquisas demandam respostas além do senso quantitativo dos números e

senso qualitativo das palavras, sendo a combinação das duas formas o método que fornece as mais completas análises para problemas complexos (Creswell & Plano Clark, 2018).

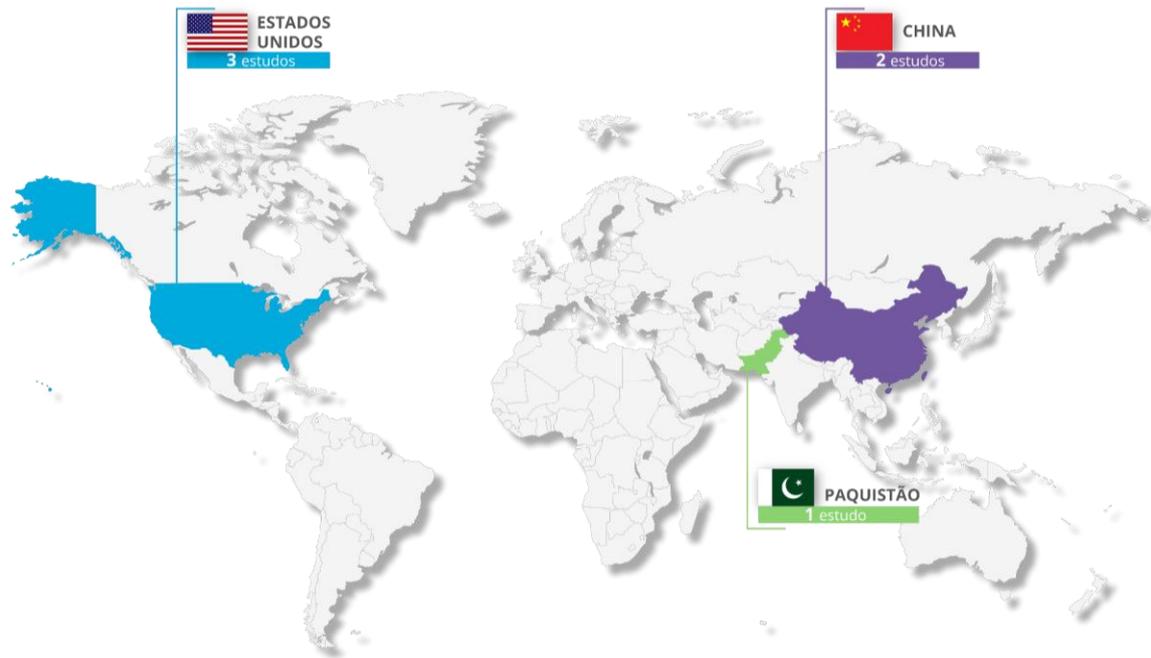
### 3.3 Características dos participantes

Os participantes dos estudos variaram entre novatos, operadores em treinamento e especialistas experientes, com perfis que refletem os objetivos específicos de cada pesquisa. Todos os 6 estudos utilizaram novatos (estudantes de graduação ou pós-graduação, *trainees*) devido à facilidade de acesso em ambientes simulados, enquanto 3 estudos incluíram operadores experientes. As amostras variaram em tamanho, sendo, de modo geral, pequenas, com 13 participantes (Raza et al., 2019), 24 indivíduos (Raza et al., 2023), e a menor delas, com 4 participantes (Naviq et al., 2019). Em contraste, estudos como o de Chen et al. (2023) e Chen et al. (2024) tiveram uma abordagem mais ampla, com 42 participantes. Quatro estudos explicitaram a participação de mulheres (Raza et al., 2019; Naviq et al., 2020; Chen et al., 2023; Chen et al., 2024). Guillem & Mograss (2005) sugerem que homens e mulheres diferem nas estratégias cognitivas para processar informações, com mulheres focando na elaboração detalhada de conteúdos e homens sendo mais guiados por esquemas ou temas gerais. O homem tende a ter a região lógica mais desenvolvida, enquanto a mulher tende a apresentar melhor desenvolvimento cognitivo; eles têm uma melhor percepção do todo e elas são melhores em observar os detalhes (De Abreu Agrela Rodrigues, 2022).

### 3.4 Países

Dos 6 estudos analisados, 3 deles são de pesquisadores das universidades dos EUA, 2 deles da China e 1 da universidade do Paquistão (Figura 3). Países como os Estados Unidos e China possuem sólida infraestrutura acadêmica e tecnológica, além de grande relevância global na indústria de óleo e gás. Nota-se não haver estudos de universidades do Brasil nessa temática, indicando uma oportunidade de pesquisa.

**Figura 3** - Mapa-múndi com destaque dos três países dos seis estudos selecionados

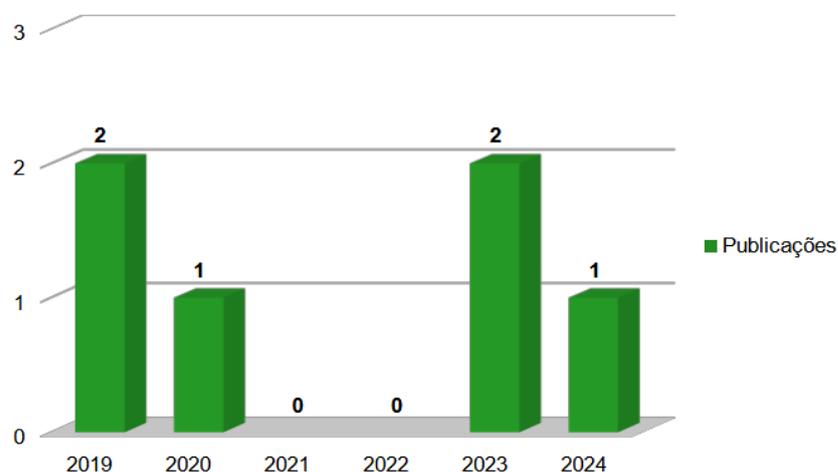


Fonte - Elaborado pelos autores (2024)

### 3.5 Ano de publicação

Os estudos foram publicados entre 2019 e 2024 (Figura 4), refletindo os avanços recentes da aplicação da tecnologia de rastreamento ocular em operações complexas e evidenciando um interesse crescente em integrar análise comportamental e tecnologias para mitigação de riscos em operações de perfuração de poços submarinos. Publicações recentes e de relevância no cenário internacional, como o *report 656* de 2023, e *report 656-1* de 2024, apontam os benefícios do uso da tecnologia de rastreamento ocular em ambientes de controle de poço (*offshore* ou *onshore*), demonstrando a importância e atualidade da temática (IOGP, 2023; IOGP, 2024).

Figura 4 -Número de publicações por ano



Fonte - Elaborada pelos autores (2024)

### **3.6 Implicações relacionadas a consciência situacional, comportamento, tomada de decisão e desempenho**

Conforme os estudos levantados, análise comportamental, avaliação de consciência situacional (SA), tomada de decisão e desempenho dos operadores funcionam como pilares para melhorar a segurança e a eficiência nas operações de perfuração *offshore*. Esses aspectos estão diretamente relacionados à ergonomia cognitiva, domínio de especialização da ergonomia que busca compreender e otimizar as interações entre os trabalhadores e os sistemas, considerando, fatores como processamento de informações, carga mental, atenção e habilidades cognitivas. Dentre os processos cognitivos, podem ser mencionados a atenção, tomada de decisão, raciocínio, memória, entre outros. No que se refere a análise comportamental, é possível identificar comportamentos inseguros e lacunas em treinamentos (Chen et al., 2023; Naqvi et al., 2019).

Nos estudos levantados, a consciência situacional é enfatizada como um fator crítico no desempenho, e no contexto de perfuração de poços submarinos envolve atenção concentrada aos detalhes e às indicações ambientais para tomada de decisões e correto controle do poço (Raza et al., 2019). Endsley et al. (2000) relatam que, simplificadamente, a consciência situacional envolve saber o que está acontecendo ao seu redor, podendo ser definida como um processo de três níveis, sendo o primeiro a percepção, o segundo a compreensão e o terceiro a previsão de eventos futuros (altamente relacionado a tomada de decisões). Operadores com alta consciência situacional demonstram maior precisão em reconhecer anomalias, enquanto novatos tendem a dispersar sua atenção, comprometendo a eficiência e a tomada de decisão (Naqvi et al., 2020; Raza et al., 2023).

No que tange a tomada de decisão, esta é impactada pelo conhecimento técnico e pela confiança, com estudos mostrando que operadores super confiantes, mas com baixo conhecimento, frequentemente cometem erros críticos (Raza et al., 2019). O desempenho geral dos operadores está diretamente relacionado à sua capacidade de integrar informações visuais (domínio físico) e cognitivas, destacando a importância de treinamentos baseados em simulação para aprimorar habilidades e mitigar riscos operacionais. Em relação aos locais onde os estudos foram realizados, em todos foram utilizados simuladores. Um dos estudos mencionou a aplicação da tecnologia de rastreamento ocular em centros de operação remotos em tempo real, em que profissionais altamente treinados e com vasta experiência auxiliam no monitoramento



de plataformas estando em terra (Raza et al., 2023). Com o avanço do uso de sensores, o rastreamento ocular pode ser uma ferramenta útil para melhorar a eficiência e a precisão de operações; por exemplo, no caso de o sondador estar cansado e perder a atenção dos monitores, alarmes de advertência podem ser implementados usando rastreamento ocular em tempo real para alertá-lo (Raza et al., 2023).

Os resultados encontrados evidenciam que a consciência situacional desempenha um papel central no desempenho dos operadores (sondadores), sendo diretamente influenciada por fatores como treinamento, experiência e carga de trabalho. Estudos como os de Raza et al. (2019, 2023) e Chen et al. (2023) mostraram que especialistas apresentam maior foco e eficiência em comparação aos novatos, concentrando suas fixações em áreas críticas e demonstrando melhor capacidade de reconhecer anomalias. A aplicação de modelos preditivos baseados em aprendizado de máquina (Chen et al., 2023; Chen et al., 2024) também reforça o potencial do rastreamento ocular como ferramenta de monitoramento em tempo real, contribuindo para prevenir comportamentos inseguros e melhorar a tomada de decisão em operações de alta complexidade. Esses achados são relevantes para aprimorar programas de treinamento e desenvolver sistemas que integrem *feedback* em tempo real para operadores *offshore*.

No que se refere a ergonomia (domínios físico e cognitivo), os estudos levantados enquadram-se como pesquisas originais e apontam a relevância do tema para a comunidade científica. O *eye tracking* não apenas mede a capacidade sensorial e o controle muscular dos olhos (ergonomia física), mas, principalmente, infere nos processos cognitivos. É fundamental entender que essa tecnologia atua como uma ponte entre esses dois domínios da ergonomia. No que se refere ao domínio físico, ela mede objetivamente o comportamento de movimento dos olhos do indivíduo, registrando dados como a distribuição de pontos de fixação, o caminho da sacada, tempo de permanência do ponto de fixação, bem como mudanças no tamanho da pupila (diâmetro médio da pupila), sendo a qualidade e precisão dos dados coletados diretamente influenciada por fatores físicos do operador e do ambiente, como a estabilidade da cabeça e necessidade de condições de iluminação consistentes. No que se refere ao domínio cognitivo, os estudos apresentados focam intensamente na ergonomia cognitiva, investigando como a mente do operador (percepção, atenção, tomada de decisão, consciência situacional) interage com sistemas complexos, especialmente em situações de alto risco. O *eye tracking* funciona como uma "janela para a mente", permitindo a análise de processos cognitivos e comportamentais através da observação dos movimentos oculares (Levantini et al., 2020). As

medições físicas do movimento ocular, portanto, servem como indicadores de estados psicológicos, atencionais e de reconhecimento.

### 3.7 Síntese dos resultados

Por fim, **na etapa 6**, que se refere à descrição síntese das etapas anteriores, destacando-se os principais resultados. Ressalta-se a relevância da temática de pesquisa, assim como também a construção da questão de pesquisa e definição dos critérios de inclusão e exclusão, visto que possibilitaram o mapeamento e sintetização dos estudos científicos que integram a tecnologia de rastreamento ocular ao contexto da perfuração de poços submarinos da indústria de óleo e gás.

A partir dos seis estudos selecionados, foi possível perceber que todos os seis foram conduzidos em cenários simulados e foram monitoradas a atenção, consciência situacional e os padrões de comportamento. Dito isto, ressalta-se os cinco parâmetros oculares utilizados na identificação de comportamentos de risco, como número de fixações e dilatação da pupila; a pupila dilatou em momentos críticos, indicando maior alerta e consciência situacional. Foi visto também que o diâmetro da pupila variou conforme o nível de fadiga e experiência do operador. Especialistas concentraram fixações em áreas críticas, enquanto novatos dispersaram sua atenção, levando a erros operacionais. Por fim, fixações excessivas ou dispersas foram associadas a operações inseguras e pior desempenho.

Os estudos analisados utilizaram rastreamento ocular para investigar o comportamento humano em operações de perfuração *offshore*, com foco na consciência situacional (SA), eficiência e segurança. Os métodos aplicados incluíram análises qualitativas e quantitativas, combinando rastreamento do olhar, logs de voz, questionários subjetivos e testes estatísticos. Modelos de aprendizado de máquina foram usados para prever comportamentos inseguros (Chen et al., 2023). A combinação de abordagens qualitativas e quantitativas foi destacada como essencial para uma análise completa (Creswell & Plano Clark, 2018).

Os participantes variaram entre novatos, *trainees* e especialistas experientes, com amostras predominantemente pequenas, variando de 4 a 42 participantes. Quatro estudos incluíram mulheres, ressaltando possíveis diferenças cognitivas entre os gêneros na forma de processar informações (De Abreu Agrela Rodrigues, 2022).



Quanto à origem dos estudos, três foram conduzidos nos EUA, dois na China e um no Paquistão, evidenciando a falta de pesquisas brasileiras na área, o que representa uma oportunidade de investigação.

#### 4. CONCLUSÃO

Os estudos analisados revelam que o rastreamento ocular é uma ferramenta importante para investigar aspectos relacionados à avaliação comportamental, consciência situacional (SA), tomada de decisão e desempenho de operadores (sondadores), permitindo identificar padrões de atenção visual e comportamento em situações críticas. Os movimentos oculares podem, portanto, revelar informações relevantes sobre os processos de cognição.

O objetivo de compreender como essas tecnologias têm sido aplicadas para melhorar a segurança e a eficiência foi atendido por meio da análise dos estudos recentes (n=6), que destacam avanços no uso de rastreamento ocular em operações de perfuração de poços submarinos, como detecção de padrões de atenção, carga cognitiva e fadiga, otimização de treinamentos, prevenção de erros e aprimoramento da segurança em ambientes que exigem alta demanda de concentração.

No entanto, permanece a necessidade de ampliar os estudos para cenários reais, a fim de validar as descobertas feitas em ambientes simulados e explorar fatores como estresse, urgência e tomadas de decisão, que são difíceis de replicar em simulações.

Recomenda-se que futuras pesquisas explorem centros de operações remotos em terra, que prestam suporte à tomada de decisão em atividades realizadas em alto-mar, uma vez que se configuram como locais estratégicos e promissores para pesquisas ergonômicas. Além da escassez de estudos direcionados a esses ambientes, destaca-se a facilidade de acesso em comparação às unidades offshore, já que não exigem embarque, treinamentos específicos de segurança ou logística complexa, o que favorece a realização de levantamentos sistemáticos e observações em campo. Além disso, investigações que contemplem o impacto da organização do trabalho e cultura organizacional podem oferecer registros importantes dos fatores humanos em ambientes de alto risco, uma vez que ambos podem influenciar na forma como os colaboradores interagem, tomam decisões e percebem o ambiente de trabalho. Essas iniciativas contribuirão para fortalecer a segurança, ergonomia e a eficiência nas operações *offshore*, alinhando-se às demandas crescentes da indústria de óleo e gás.

#### REFERÊNCIAS

- Botelho, L. L. R., Cunha, C. C. A., & Macedo, M. (2011). O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão e Sociedade*, 5(11), 121-136.
- Broome, M. E. (2000). Integrative literature reviews for the development of concepts. In B. L. Rodgers & K. A. Knafelz (Eds.), *Concept development in nursing: Foundations, techniques and applications* (pp. 231-250). W. B. Saunders Company.
- Canas, J. J., Velichkovsky, B. B., & Velichkovsky, B. M. (2011). Human factors and ergonomics. In J. M. Peiró & L. Tetrico (Eds.), *IAAP Handbook of Applied Psychology* (pp. 316–337). Wiley.
- Chen, C., Hu, J., Zhang, L., Hu, Y., & Li, X. (2023). Early warning method of unsafe behavior accidents for offshore drilling operators based on eye-tracking trajectory. *Process Safety and Environmental Protection*, 177, 1506–1522. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.07.096>
- Chen, C., Hu, J., Zhang, L., Chen, Y., & Shi, J. (2024). Identification method for safety hazard behavior in offshore drilling operators. *Ocean Engineering*, 301, 117447. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.117447>
- Costa, J. J. S. (2024). *Evaluating Python repetition structures with novices: An eye tracking study* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande].
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3ª ed.). SAGE.
- Daniellou, F., Simard, M., & Boissières, I. (2010). *Fatores Humanos e Organizacionais da Segurança Industrial: um estado da arte*. (R. Rocha, F. Lima, & F. Duarte, Trad.; Cadernos da Segurança Industrial, Nº 2013-07). ICSI. Disponível em: [https://www.foncsi.org/sites/default/files/Publications/Publication\\_PO/cahier\\_FHOS-portugais-derniere-version.pdf](https://www.foncsi.org/sites/default/files/Publications/Publication_PO/cahier_FHOS-portugais-derniere-version.pdf)
- De Abreu Agrela Rodrigues, D. F. (2022). Qual a diferença entre o cérebro delas e o deles. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 3381-3389.
- Endsley, M. R., Bolstad, C. A., Jones, D. G., & Riley, J. M. (2000). Theoretical underpinnings of situation awareness: A critical review. In M. R. Endsley & D. J. Garland (Eds.), *Situation awareness analysis and measurement* (Vol. 1, No. 1, pp. 3-21).
- Ferreira, L. L. (2024). Um grande desafio para os ergonomistas: primum non nocere. *Revista Ação Ergonômica*, 18(2), 1–8. <https://doi.org/10.4322/rae.v18n2.e202403>
- Flin, R. H., O'Connor, P., & Crichton, M. (2008). *Safety at the sharp end: A guide to non-technical skills*. Ashgate Publishing.
- Gallina, M., Spers, E. E., de Almeida, L. F., Zalla, S., & de Meneses, J. V. (2022). Atenção visual sobre embalagem com design congruente e a escolha do consumidor: Um experimento com o uso do eye-tracking. *International Journal of Business and Marketing*, 7(2), 86–96. <https://doi.org/10.18568/ijbmk.7.2.194>
- Ganong, L. H. (1987). Integrative reviews of nursing research. *Research in Nursing & Health*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.1002/nur.4770100103>



- Gobbi, A. G., Catecati, T., Díaz Merino, E. A., Schmidt Andrés Díaz Merino, G., & Ferreira, M. G. G. (2017). Uso do eye tracking para medição da satisfação para testes de usabilidade em interfaces web. *Anais do 16º Ergodesign – Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano Tecnológica: Produto, Informações Ambientais Construídos e Transporte / 16º USIHC – Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano Computador / CINAHPA – Congresso Internacional de Ambientes Hiperídia para Aprendizagem*.
- Guillem, F., & Moglass, M. (2005). Gender differences in memory processing: Evidence from event-related potentials to faces. *Brain and Cognition*, 57(1), 84-92. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.08.026>
- Ida, I., & Guimarães, L. B. M. (2016). *Ergonomia: Projeto e produção* (3ª ed.). Blucher.
- Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. (2024). *Maiores produtores mundiais de petróleo*. <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/maiores-produtores-mundiais-de-petroleo>
- Ikuma, L. H., Harvey, C., Taylor, C. F., & Handal, C. (2014). A guide for assessing control room operator performance using speed and accuracy, perceived workload, situation awareness, and eye tracking. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 32, 454–465. 10.1016/j.jlp.2014.11.001
- IOGP. (2023). *Assessment of eye tracking technology in well control operations*. <https://www.iogp.org/bookstore/product/assessment-of-eye-tracking-technology-in-well-control-operations/>
- IOGP. (2024). *Assessment of eye tracking technology in well control operations - onshore*. <https://www.iogp.org/bookstore/product/assessment-of-eye-tracking-technology-in-well-control-operations-onshore/>
- Klopper, R., Lubbe, S., & Rugbeer, H. (2007). The matrix method of literature review. *Alternation*, 14, 262–276.
- Kodappully, M., Srinivasan, B., & Srinivasan, R. (2016). Towards predicting human error: Eye gaze analysis for identification of cognitive steps performed by control room operators. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 42, 35–46. 10.1016/j.jlp.2015.07.001
- Konstantinidis, A. (2024). An integrative review of the literature on factors influencing student well-being in the learning environment. *International Journal of Educational Research Open*, 7, 100384. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2024.100384>
- Krippendorff, K. (2004). *Content analysis: An introduction to its methodology* (2ª ed.). Sage Publications.
- Levantini, V., Muratori, P., Inguaggiato, E., Masi, G., Milone, A., Valente, E., Tonacci, A., & Billeci, L. (2020). EYES Are The Window to the Mind: Eye-Tracking Technology as a Novel Approach to Study Clinical Characteristics of ADHD. *Psychiatry Research*, 290, 113135. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113135>
- Li, Q., Ng, K. K. H., Yu, S. C. M., Yiu, C. Y., & Lyu, M. (2023). Recognising situation awareness associated with different workloads using EEG and eye-tracking features in air

- traffic control tasks. *Knowledge-Based Systems*, 260, 110179. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.110179>
- Martinez-Marquez, D., Pingali, S., Panuwatwanich, K., Stewart, R. A., & Mohamed, S. (2021). Application of eye tracking technology in aviation, maritime, and construction industries: A systematic review. *Sensors*, 21(13), 4289. <https://doi.org/10.3390/s21134289>
- Mattos, P. C. (2015). *Tipos de revisão de literatura* [E-book]. Universidade Estadual Paulista. <https://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-revisao-de-literatura.pdf>
- Mendes, K. S., Silveira, R. C. P., & Galvão, C. M. (2008). Revisão integrativa: Método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & Contexto - Enfermagem*, 17(4), 758-764. <https://doi.org/10.1590/s0104-07072008000400018>
- Merino, G., Barros, R. S., Martínez Riascos, C. E., & Díaz Merino, E. A. (2020). Eye tracking na ergonomia: Discussão a partir de uma análise multicaseos. In *Anais do XX Congresso Brasileiro de Ergonomia - Virtual 2020*. ABERGO. <https://doi.org/10.29327/127430.1-11>
- Naqvi, S. A. M., Raza, M., Ybarra, V. T., Salehi, S., & Teodoriu, C. (2019). Using content analysis through simulation-based training for offshore drilling operations: Implications for process safety. *Process Safety and Environmental Protection*, 121, 290–298. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.10.016>
- Naqvi, S. A. M., Raza, M., Ghazal, S., Salehi, S., Kang, Z., & Teodoriu, C. (2020). Simulation-based training to enhance process safety in offshore energy operations: Process tracing through eye-tracking. *Process Safety and Environmental Protection*, 138, 220–235. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.03.016>
- Paulo, I. I., Parachen, G., Silva, S. M., & Merino, E. A. D. (2023). A atuação de equipes interdisciplinares em tempos de pandemia: Revisão integrativa da literatura. *Temática*, 19(2), 216–230. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1807-8931.2023v19n2.65747>
- Raza, M. A., Salehi, S., Ghazal, S., Ybarra, V. T., Naqvi, S. A. M., Cokely, E. T., & Teodoriu, C. (2019). Situational awareness measurement in a simulation-based training framework for offshore well control operations. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 62, 103921. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2019.103921>
- Raza, M., Kiran, R., Ghazal, S., Jeon, J., Salehi, S., Kang, Z., & Cokely, E. (2023). An eye tracking-based framework for safety improvement of offshore operations. *Journal of Eye Movement Research*, 16(3). <https://doi.org/10.16910/jemr.16.3.2>
- Silva, K. L. B. M., Campos, L. F. de A., & Fernandes, F. R. (2021). Ergonomia Cognitiva e a interação com os objetos. *Human Factors in Design*, 10(19). <https://doi.org/10.5965/2316796310192021029>
- Torraco, R. J. (2005). Writing integrative literature reviews: Guidelines and examples. *Human Resource Development Review*, 4(3), 356-367. <https://doi.org/10.1177/1534484305278283>
- Torres, Á. C. (2021). *Factores humanos y ergonomía cognitiva*. Editorial Universidad de Granada.
- Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: Updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52(5), 546–553. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>

Silva N., Merino E., Paulo I.

**Recebido:** 13/06/2025

**Aprovado:** 24/06/2025

**Editor-Executivo:** Manoela Lopes

