

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Carlos Miguel Iegli da Silva

**FATORES DE RISCO DE TRABALHOS EM ESPAÇOS
CONFINADOS NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E
DERIVADOS**

Porto Alegre
2022

Carlos Miguel Iegli da Silva

**FATORES DE RISCO DE TRABALHOS EM ESPAÇOS CONFINADOS NA
INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E DERIVADOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, na área de concentração em Segurança do Trabalho.

Orientador: Fernando Gonçalves Amaral, Dr.

Porto Alegre

2022

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho ao ensino público, ao qual devo praticamente toda a minha formação. Agradeço ao excelente corpo docente da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o qual tive o privilégio de aprender sobre engenharia, mas também, e principalmente, sobre profissionalismo e dedicação. Em especial, agradeço ao meu orientador, Fernando Gonçalves Amaral, pela capacidade de clarear o caminho sempre que eu precisei.

Agradeço principalmente àqueles que me inspiraram e me deram o suporte e a compreensão, sem os quais eu não teria completado esta empreitada.

In the age of Google, answers are free, but good questions can be priceless.

Nikola Danaylov

RESUMO

Trabalhos em Espaço Confinado são atividades de risco que, apesar de diversas regulações que exigem medidas de controle, ainda ocasionam mortes anualmente no mundo todo. A prática deste tipo de atividade é frequente na indústria de petróleo e derivados para a manutenção e limpeza da parte interna de equipamentos. Em função das características destes processos, que envolvem produtos químicos tóxicos, inflamáveis e explosivos, além de altas temperaturas e pressões, os espaços confinados encontrados neste setor oferecem perigos adicionais. O objetivo deste estudo é mapear os principais fatores de risco encontrados em espaços confinados neste tipo de indústria e apontar as medidas de controle mais apropriadas para cada um deles. Este objetivo foi dividido em três objetivos secundários, abordados em três artigos que serão apresentados em sequência. O primeiro deles teve o objetivo de identificar, sob o ponto de vista dos trabalhadores envolvidos diretamente na execução das tarefas em espaço confinado, quais são os fatores de risco envolvidos, quais as medidas de controle empregadas e em quais casos essas medidas são consideradas insuficientes. O método empregado neste estudo foi o Diagnóstico Participativo de Riscos (Deparis). O segundo artigo apresenta uma revisão sistemática de literatura conduzida pelo método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) que teve como objetivo levantar o estado da arte sobre medidas de controle para trabalhos em espaço confinado na indústria de petróleo e derivados. Por fim, no terceiro artigo, profissionais especialistas em ergonomia, segurança do trabalho e espaço confinado foram consultados para selecionar as medidas de controle mais indicadas para cada um dos principais fatores de risco levando em consideração a viabilidade da aplicação e efetividade. Essa seleção foi realizada através de um método híbrido que contou com as técnicas AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e *Delphi*. O resultado global dessa dissertação foi a elaboração de um guia que aponta fatores que precisam ser avaliados antes do início das atividades e oferece sugestões de medidas de controle entendidas como as mais apropriadas, que se propõe a atender ao objetivo do estudo.

Palavras-chave: Espaço Confinado; Fatores de Risco; Controle de Riscos; Óleo e Gás; Petróleo e Derivados, Saúde e Segurança do Trabalho; Segurança do Trabalho;

ABSTRACT

Confined Space Works are risky activities that, despite several regulations that require control measures, still cause deaths and injuries every year worldwide. The practice of this type of activity is frequent in the oil and derivatives industry for the maintenance and cleaning of the internal part of equipment. Due to the characteristics of these processes, which involve toxic, flammable and explosive chemicals, in addition to high temperatures and pressures, the confined spaces found in this sector pose additional hazards. The aim of this study is to map the main risk factors found in confined spaces in this type of industry and point out the most appropriate control measures for each of them. This objective was divided into three secondary objectives, addressed in three articles that will be presented in sequence. The first of them had the objective of identifying, from the point of view of the workers directly involved in the execution of tasks in confined spaces, which are the risk factors involved, which control measures are currently employed and in which of them such measures are considered insufficient. The method used in this study was the Participatory Risk Diagnosis (Deparis). The second article presents a systematic literature review conducted by the PRISMA method (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) which aimed to survey the state of the art on control measures for work in confined space in the oil and derivatives industry. Finally, in the third article, specialists in ergonomics, work safety and confined space were consulted to select the most suitable control measures for each the main risk factors, taking into account the feasibility of the application and effectiveness. This selection was performed using a hybrid method that included the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Delphi techniques. In response to the objective of the study, the general result of this study was the elaboration of a guide that points out factors that need to be evaluated before the start of activities and offers suggestions for control measures considered to be the most appropriate.

Keywords: *Confined Space; Risk factors; Risk Control; Oil and gas; Petroleum and Derivatives, Occupational Health and Safety; Workplace safety;*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapeamento da dissertação	17
Figura 2 - Esquema geral da abordagem metodológica SOBANE	24
Figura 3 - Template para a aplicação do método Deparis.....	26
Figura 4 - Quadro geral das avaliações das rubricas	29
Figura 5 – Visão do vigia e interior do espaço confinado	31
Figura 6 - Quadro geral das avaliações das rubricas	31
Figura 7 - Quantidade de publicação por triênios.....	49
Figura 8 - Mapa dos artigos selecionados.....	49
Figura 9 - Rede de citações	51
Figura 10 - Nuvem das palavras-chave dos artigos selecionados	51
Figura 10 - Matriz de Efetividade x Viabilidade de implementação imediata.....	80
Figura 11 - Resultados das duas primeiras rodadas com um dos especialistas.	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista das situações de trabalho analisadas.....	27
Tabela 2 - Protocolo de revisão.....	47
Tabela 3 - Artigos selecionados com as respectivas origens e anos de publicação .	50
Tabela 4 - Fatores de risco apontados nos estudos selecionados.....	53
Tabela 5 - Estatísticas de 36 acidentes em espaço confinado em indústrias de petróleo e derivados.....	54
Tabela 6 - Normas de segurança para trabalhos em espaço confinado	55
Tabela 7 - Principais medidas de controle dos fatores de risco	56
Tabela 8 - Resumo das soluções apresentadas	59
Tabela 9 - Causas de mortes em Espaço Confinado no setor de óleo e gás.....	72
Tabela 10 - Escala de Saaty para comparação par a par	77
Tabela 11 - Valores de RI de acordo com n.....	77
Tabela 12 - Perfil dos especialistas consultados.....	78
Tabela 13 - Resultados das duas primeiras rodadas de seleção.....	82
Tabela 14 - Resultado da atribuição de medidas preferenciais.....	83

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
OBJETIVOS.....	13
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	15
2. ARTIGO 1 - DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE TRABALHOS EM ESPAÇO CONFINADO EM INDÚSTRIAS DE PROCESSO.....	18
3. INTRODUÇÃO	19
4. METODOLOGIA	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
2.3.1 Os Locais de Trabalho	29
2.3.2 Organização da Tarefa e Comunicação	30
2.3.3 Riscos de acidentes	31
2.3.4 Ferramentas e materiais de trabalho.....	32
2.3.5 Trabalho repetitivo	33
2.3.6 Movimentação de cargas	33
2.3.7 Iluminação	34
2.3.8 Ruído.....	34
2.3.9 Temperatura do ambiente	34
2.3.10 Riscos químicos e biológicos.....	35
2.3.11 Vibrações.....	36
6. CONCLUSÃO	37
7. REFERÊNCIAS.....	39
3. ARTIGO 2 - TRABALHOS EM ESPAÇOS CONFINADOS EM INDÚSTRIAS DE DERIVADOS DE PETRÓLEO: FATORES DE RISCO, PROCEDIMENTOS ATUAIS DE CONTROLE E NOVAS ALTERNATIVAS.....	42
3.1 INTRODUÇÃO.....	44

3.2 METODOLOGIA.....	45
3.2.1 Questões, bases de dados e termos de pesquisa.....	46
3.2.2 Pesquisa nas bases de dados e seleção preliminar.....	48
3.2.3 Avaliação de conteúdo.....	48
3.2.4 Extração de conteúdo e pesquisa “bola de neve”.....	48
3.2.5 Análise dos artigos selecionados.....	48
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
3.3.1 As definições de espaço confinado.....	52
3.3.2 Principais fatores de risco em Espaços Confinados.....	53
3.3.3 Principais atores de risco na indústria de petróleo e derivados.....	54
3.3.4 Normas de segurança para trabalho em espaço confinado.....	55
3.3.5 Medidas atuais de controle e prevenção dos fatores de risco.....	56
3.3.6 Novas soluções.....	56
3.3.7 Desafios e exigências técnicas.....	60
3.4 CONCLUSÃO.....	62
3.5 REFERÊNCIAS.....	64
4. ARTIGO 3 - SELEÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE DE FATORES DE RISCO PARA TRABALHOS EM ESPAÇO CONFINADO NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E DERIVADOS.....	68
4.1 INTRODUÇÃO.....	70
4.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	71
4.2.1 Principais fatores de risco em indústrias de processo.....	71
4.2.2 Novas soluções e requisitos técnicos.....	73
4.2.3 O Método Delphi.....	75
4.2.4 Analytic Hierarchy Process (AHP).....	76
4.3 METODOLOGIA.....	78
4.3.1 Perfil dos especialistas.....	78
4.3.2 Comparação entre os fatores de risco e medidas de controle.....	79

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
4.5 CONCLUSÃO	87
4.6 REFERÊNCIAS	89
5. CONCLUSÃO	93
5.1 Contribuições.....	94
5.2 Sugestões para trabalhos futuros	94
6. REFERÊNCIAS.....	96

1. INTRODUÇÃO

Espaços confinados (ECs) são definidos pela Norma Regulamentadora do Ministério do trabalho (NR-33) como “qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente seja insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir deficiência ou enriquecimento de oxigênio”. A entrada neste tipo de ambiente ocorre em diversos campos da indústria, em manutenção da parte interna de equipamentos, na mineração, na agricultura, com entrada em silos de armazenamento de grãos, na construção civil, em trabalhos no interior de galerias, e até em alguns casos na vida doméstica, como em limpezas de caixas d’água. A diversidade das características dos espaços confinados faz necessária a avaliação individual de cada situação específica para atender às suas particularidades.

Há muitos anos que este tema é motivo de preocupação, tendo inspirado a criação de normas de segurança em diversos países, como a 1910.146 de 1993 da *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) e a NR-33, no Brasil, publicada em 2006. Estas normas exigem a realização de uma série de medidas de segurança, como o acompanhamento em tempo integral das atividades por um observador posicionado na entrada do espaço confinado, que realiza o controle de acesso de pessoas ao interior, a avaliação da atmosfera dentro do espaço com uso de sensores de gases, a utilização de equipamentos de proteção e resgate, entre outros.

Na indústria de petróleo e derivados, incluindo a petroquímica, é comum a entrada em equipamentos para a realização de inspeção, limpeza e manutenção. Os processos envolvidos nestes setores utilizam produtos químicos tóxicos, inflamáveis e explosivos, além de altas temperaturas e pressões. Os perigos oferecidos por estes fatores implicam a necessidade de análise ainda mais cuidadosa. Neste sentido, o presente estudo visa abordar os principais fatores de risco presentes nos espaços confinados neste tipo de indústria e as medidas mais indicadas para controlá-los.

Trabalhos em espaços confinados representam relevante causa de mortes no trabalho, respondendo por milhares de mortes anualmente no mundo. Uma pesquisa do *U.S Bureau of Labor Statistics* apontou 1030 mortes entre 2011 e 2018 em todo o

país, resultando em uma média de 130 fatalidades por ano. Bulet-Vienney (2015), analisou as estatísticas registradas na província canadense de Quebec, indicando 12 mortes por ano entre 2005 e 2011. Selman (2018), comparou estudos realizados na Austrália, Canadá, Estados Unidos, Singapura e Reino Unido, e observou que os números de mortes por ano giraram em torno de 0,05 a cada 100.000 mil trabalhadores, com ressalva para o fato de que o Reino Unido não apresenta estatísticas oficiais, tendo sido utilizada uma estimativa para comparar com os demais. No Brasil também não existem estatísticas oficiais sobre as fatalidades ocorridas em Espaço Confinado, já que as mortes por acidentes são computadas desconsiderando este critério. Entretanto, os espaços confinados são apontados por diversos autores como sendo a segunda maior causa de mortes no trabalho, perdendo apenas para os trabalhos em altura (PINTO, 2005, CARVALHO SILVA, 2015, ARÚJO, 2006, MARTINS, 2014). Naghavi (2019) afirma que os espaços confinados presentes na indústria de petróleo e derivados estão entre os mais perigosos.

Apesar da gravidade do perigo dos espaços confinados, é possível apostar na experiência, na ciência e na inovação para reduzir as ameaças que eles oferecem. Após duas décadas de relativa estagnação em relação à avanços tecnológicos aplicados em espaço confinado, nos últimos anos começaram a surgir diversos estudos sobre novos métodos de identificação e controle dos riscos e novas ferramentas e sistemas capazes de auxiliar nestas tarefas. Entre elas estão tecnologias para a realização de trabalhos sem a necessidade de entrada de seres humanos e sistemas de monitoramento remoto e de comunicação. Uma boa amostra destas alternativas pode ser encontrada no estudo de Botti (2016) que apresenta uma gama de aplicações de internet das coisas para controle de riscos em espaço confinado. Estes estudos foram impulsionados pelos avanços tecnológicos em campos como a tecnologia da informação, sensoriamento remoto e miniaturização de dispositivos.

OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é identificar os principais fatores de risco envolvidos nos trabalhos em espaço confinado na indústria de petróleo e derivados e identificar as medidas de controle consolidadas e as emergentes, selecionando as mais indicadas para cada um dos principais fatores de risco. A abordagem adotada divide este objetivo em três objetivos secundários:

- i. Identificar os principais fatores de risco percebidos pelos trabalhadores envolvidos nas tarefas em espaço confinado e as medidas de controle que são empregadas, bem como em que grau eles acreditam que os riscos estão controlados;
- ii. Conhecer o estado da arte em termos de medidas de controle para espaço confinado de maneira geral e especificamente na indústria de petróleo e derivados segundo a literatura sobre o tema.
- iii. Selecionar, entre as medidas de controle consolidadas e as novas alternativas que vêm surgindo, as medidas de controle mais indicadas levando em consideração a aplicabilidade imediata e a efetividade, bem como identificar as tendências para o futuro próximo, na opinião de especialistas em ergonomia e segurança do trabalho experientes em espaço confinado.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente dissertação é de natureza aplicada por desenvolver uma sistemática de identificação e análise de fatores de riscos e seleção de medidas de controle. A classificação da abordagem é quantitativa uma vez que as informações extraídas são quantificáveis, sendo possível numerar, mensurar e analisar dados e conceitos. Do ponto de vista de seus objetivos é explicativa, e quanto aos procedimentos, é um estudo aplicado, já que utiliza os estudos, métodos e técnicas existentes para propor uma visão objetiva sobre os principais problemas da área.

A abordagem começa com um estudo de campo, em que o método do Diagnóstico Participativo de Riscos foi aplicado em vinte casos reais de trabalhos em espaço confinado na indústria do petróleo e petroquímica contando com a participação de 43 trabalhadores com o objetivo de entender, pela perspectiva deles, quais são os fatores de risco enfrentados e quais são os que ainda representam maiores desafios para a realização das atividades com segurança.

A segunda fase é uma revisão sistemática de literatura pelo método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), que teve como objetivo conhecer o estado da arte em medidas de controle para os fatores de risco em espaço confinado tanto no caso amplo como especificamente na indústria de petróleo.

A última etapa é uma consulta a especialistas que emprega uma metodologia híbrida, aplicando as técnicas AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e *Delphi* para buscar um consenso imparcial e consistente sobre os principais fatores de risco e as medidas de controle mais indicadas.

DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo se limita à análise dos trabalhos em espaço confinado realizados no contexto da indústria de petróleo e derivados, incluindo refinarias e plantas petroquímicas, buscando identificar os principais fatores de risco envolvidos e as medidas de controle já consolidadas, além daquelas que surgem com potencial para atender as necessidades neste campo. O modelo elaborado se propõe a indicar os cuidados que são indispensáveis neste contexto específico, não pretendendo ser diretamente aplicável em espaços confinados de forma ampla ou em outros setores, apesar de poder ser utilizado como referência.

O diagnóstico preliminar de riscos não foi realizado em situações de trabalho em plataformas de extração de petróleo, de forma que ficaram de fora do alcance desta técnica os espaços confinados envolvendo mergulho.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é composta por três artigos. A condução de cada artigo seguiu uma sequência lógica, partindo da exploração do problema prático no primeiro, para a compreensão do estado da arte na literatura, no segundo, fechando com uma proposta de solução obtida através de uma consulta sistemática a especialistas, no terceiro. O mapeamento deste estudo está representado na Figura 1.

O trabalho é organizado em cinco capítulos. O capítulo inicial introduz o assunto pesquisado, os objetivos e as justificativas, assim como o método de pesquisa adotado. Por fim, são expostas a estrutura do trabalho e as suas delimitações.

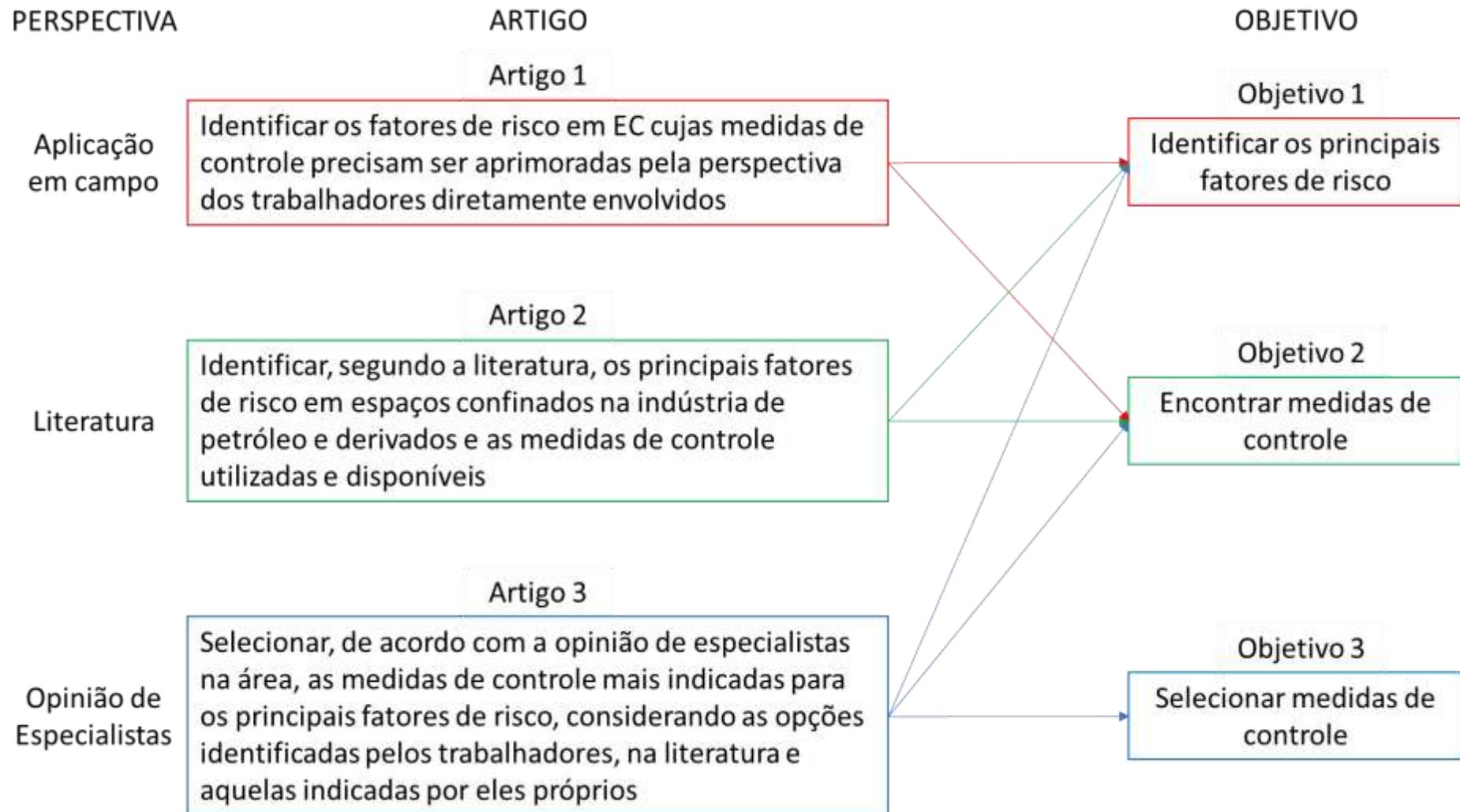
O segundo capítulo compreende o primeiro artigo do estudo. Constituído por um estudo de campo em que o Diagnóstico Participativo de Riscos foi aplicado em 20 situações de trabalho reais em espaço confinado contando com a participação de 43 trabalhadores. Este artigo permitiu identificar, sob o ponto de vista de quem vive estas atividades, os fatores de riscos que ainda não estão suficientemente cobertos pelas medidas de controle atualmente praticadas.

O terceiro capítulo traz o segundo artigo em que o foco está na compreensão do estado da arte em medidas de controle em espaço confinado, abordando tanto as medidas que são amplamente aplicadas e exigidas por diferentes normas ao redor do mundo, como aquelas soluções que vêm surgindo nas publicações científicas nos últimos anos, confiando em inovações metodológicas e tecnológicas que prometem solucionar problemas do setor com aplicação imediata ou em um futuro próximo.

O quarto capítulo é referente ao terceiro artigo em que é realizada uma consulta sistemática a especialistas em ergonomia e segurança do trabalho com experiência em espaço confinado na indústria de petróleo e petroquímica. Neste capítulo são atribuídas as medidas de controle mais indicadas considerando a aplicabilidade imediata e a eficácia para controlar aqueles que são entendidos como os principais fatores de risco neste setor, além de mapear soluções que são tendências para utilização em um futuro próximo.

O quinto e último capítulo traz as conclusões da dissertação, em que são avaliados os principais resultados obtidos e as limitações encontradas durante a pesquisa, incluindo possíveis avanços futuros na pesquisa sobre o tema.

Figura 1 – Mapeamento da dissertação



Fonte: Elaborada pelo autor

2. ARTIGO 1 - DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE TRABALHOS EM ESPAÇO CONFINADO EM INDÚSTRIAS DE PROCESSO

RESUMO

Trabalhos em Espaço Confinado representam, por si só, um risco à saúde e à segurança dos trabalhadores envolvidos. Quando realizados em plantas industriais, como as de indústrias petroquímicas ou refinarias, riscos inerentes a estes ambientes são adicionados. Este estudo busca mapear os principais fatores de risco oferecidos por este tipo de atividade, contando, para isso, com a perspectiva dos próprios trabalhadores executores das atividades. A pesquisa contou com a análise de 20 situações de trabalho, através do método Deparis (Diagnóstico Participativo de Riscos). Este procedimento permite a identificação de dificuldades cujas soluções podem ser simples e acessíveis no próprio ambiente interno da empresa, bem como daquelas mais complexas, que necessitam de recursos e pessoal especializado. Como resultado, além de medidas que foram tomadas no próprio ato da análise, foram identificados como críticos os aspectos relacionados aos espaços físicos, à organização das tarefas e comunicação entre os envolvidos, e aos riscos químicos e biológicos.

Palavras-chave: Espaço Confinado; Diagnóstico Participativo de Riscos; Indústria petroquímica;

ABSTRACT

Confined Space works represent, in themselves, a risk to the health and safety of workers. When carried out in industrial plants such as the petrochemical industries or refineries, risks related to these environments are added. This study seeks to map the main risks offered by confined space activity, counting with the perspective of the workers who perform the activities. The survey included 20 working conditions using the Deparis method (Participatory Risk Diagnosis). This procedure allows the identification of problems, some of them with simple solutions that can be adopted with resources available at the local, and other problems more complex, requiring resources and specialized personnel. As a result, in addition to measures taken in the very act of analysis, aspects related to physical spaces, the organization of tasks and

communication between those involved, and chemical and biological risks were identified as critical.

Keywords: Confined Spaces; Participatory Risk Screening, Petrochemical Industry, Refineries

3. INTRODUÇÃO

A entrada em Espaços Confinados (ECs) é necessária em diversas atividades produtivas, tanto na indústria, geralmente relacionadas à manutenção no interior de equipamentos de grande porte, como na agricultura, onde é necessária a entrada em silos de armazenamento de grãos. É possível registrar sua ocorrência até no ambiente doméstico, em limpeza de poços e caixas d'água, ou no meio urbano, em obras na rede de água e esgoto, entre outros casos.

No Brasil, os Espaços Confinados são definidos pela Norma Regulamentadora 33 do Ministério do Trabalho (NR-33) como “qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, que possua meios limitados de entrada e saída, cuja ventilação existente seja insuficiente para remover contaminantes ou onde possa existir a deficiência ou enriquecimento de oxigênio”. Esta definição é semelhante ou igual às utilizadas na maioria dos países que regulam sobre o tema, conforme pode ser verificado na ampla comparação de definições realizada por Selman (2018). Note-se que a definição de Espaço Confinado abrange uma grande gama de situações, que, apesar de enquadradas na mesma categoria, podem ser muito diferentes entre si, apresentando, em cada caso, perigos bastante distintos.

Esse tipo de atividade é responsável por milhares de mortes anualmente em todo o mundo. Uma pesquisa do Escritório de Estatísticas do Trabalho dos Estados Unidos (*U.S Bureau of Labor Statistics*) apontou 1030 mortes entre 2011 e 2018 só nos Estados Unidos resultando em uma média de 130 fatalidades por ano. Burlet-Vienney (2015), analisou as estatísticas registradas na província canadense de Quebec, indicando 12 mortes por ano entre 2005 e 2011. Selman (2018), comparou estudos realizados na Austrália, Canadá, Estados Unidos, Singapura e Reino Unido, os números de mortes por ano giraram em torno de 0,05 a cada 100.000 mil trabalhadores, com ressalva para o fato de que o Reino Unido não apresenta estatísticas oficiais, tendo sido utilizada uma estimativa para comparar com os demais. Assim como no Reino Unido, também não existem estatísticas oficiais sobre as

fatalidades ocorridas em Espaço Confinado no Brasil, já que as mortes por acidentes são computadas desconsiderando este critério. Entretanto, autores afirmam que o número de mortes é alto (MARTINS PINTO, 2005, CARVALHO SILVA, 2015, NUNES ARÚJO, 2006, MARTINS 2014), sendo apontada como a segunda maior causa de mortes no trabalho perdendo apenas para trabalhos em altura.

De acordo com Selman (2018), os principais fatores de risco encontrados nas atividades em Espaço Confinado podem ser classificados em: (i) presença de componentes tóxicos na atmosfera do ambiente; (ii) presença de produtos inflamáveis ou explosivos; (iii) engolfamento, definido como o envolvimento de uma pessoa por material particulado sólido, de forma que, durante o processo respiratório, a inalação possa vir a causar inconsciência ou morte por asfixia (ABNT, NBR 16577:2017); e (iv) riscos mecânicos como quedas, cortes ou impactos. Além destes fatores relacionados ao local de trabalho, Botti (2017) aponta ainda a possibilidade de ocorrência de temperaturas extremas, ruídos, vibrações, e riscos de acidentes relacionados não ao local em si, mas às tarefas executadas.

A análise das causas que originam os acidentes permite identificar as falhas de segurança que oportunizam esses riscos a se concretizarem. Entre elas, destacam-se: (i) a não identificação da área como Espaço Confinado (MACCARRON, 2006); (ii) a falta ou má qualidade de análise prévia dos riscos (BURLET-VIENNEY et al., 2014); (iii) a falta ou o não cumprimento de procedimentos de entrada (KLETZ, 2009); (iv) a falta de treinamento ou o treinamento inadequado dos executores da tarefa ou profissionais de resgate (DI DONATO, 2020); (v) a não realização de avaliação da atmosfera do espaço antes da entrada ou durante a execução da atividade (BURLET-VIENNEY et al., 2014); (vi) a falta de ventilação e isolamento adequados (BURLET-VIENNEY et al., 2014); (vii) o mal planejamento do resgate (SELMAN, 2019); e (viii) a dificuldade de comunicação ou acesso às informações do interior do espaço durante a realização da atividade (DOWD; DAHER, 2019).

Há décadas vêm sendo desenvolvidas sistemáticas e regulamentações para a prevenção e mitigação dos riscos envolvidos em atividade em ambiente confinado. No entanto, segundo Dowd e Daher (2019) e Di Donato (2020), via de regra, essas sistemáticas e regulamentações têm se baseado em medidas e avaliações do interior do espaço anteriores ao início das atividades, e os registros e controles muitas vezes

são feitos via anotação em papel por trabalhadores que ficam do lado de fora, não caracterizando, portanto, monitoramento em tempo real.

Os padrões de segurança e exigências legais geralmente incluem: (i) garantir o isolamento da planta ou equipamento e prevenção de entrada de produtos; (ii) realização de testes ou monitoramento da atmosfera do interior do Espaço Confinado; (iii) exigência de um profissional que fique no lado de fora do Espaço Confinado controlando o acesso dos executores ao interior e observando a atividade pelo lado de fora quando o contato visual é possível (costuma-se chamar esta função de vigia ou observador); (iv) treinamento de todos os executores das tarefas e vigias; e o estabelecimento de procedimentos de resposta a emergências (SELMAN, 2019).

No Brasil, as medidas de segurança para trabalhos em Espaço Confinado são regidas pela NR-33, que tem como objetivo estabelecer os requisitos mínimos para identificação de espaços confinados e o reconhecimento, avaliação, monitoramento e controle dos riscos existentes, de forma a garantir permanentemente a segurança e saúde dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente nesses espaços. Em complemento à NR-33, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira Regulamentadora NBR 16577:2017 (ABNT, 2017), especifica requisitos técnicos para identificar os Espaços Confinados, para realizar procedimentos de segurança aos trabalhadores que interagem nesses espaços e aborda os equipamentos utilizados nestes ambientes.

Apesar da existência de normas, protocolos e diversos esforços na maioria dos países visando a redução de acidentes em Espaço Confinado, os resultados alcançaram um *plateau* e a indústria clama por novas soluções para atacar estes velhos problemas para atender a demanda constante por competitividade (DOWD e DAHER, 2019). O levantamento realizado por Selman (2018) comprova a dificuldade em diminuir os índices de fatalidades.

A ocorrência de trabalhos em Espaços Confinados é comum em refinarias, petroquímicas e demais indústrias de processo devido à necessidade de manutenção no interior de equipamentos que, geralmente, quando em operação, contém produtos tóxicos, inflamáveis ou explosivos. A entrada de pessoas nestes equipamentos ocorre depois de realizado o esgotamento dos produtos, procedimentos de descontaminação, e bloqueio das fontes de contaminação, mas estes procedimentos

nem sempre garantem a segurança completa para a realização dos trabalhos no interior dos equipamentos. Por isso, a própria Petrobras, maior empresa do setor petroquímico do Brasil, tem publicado anualmente editais públicos nos quais convida empresas inovadoras a apresentarem, entre outros desafios, soluções tecnológicas para melhorar o monitoramento deste tipo de atividade, reconhecendo o potencial de risco envolvido.

Neste sentido, o presente estudo visa identificar os principais fatores de risco à saúde e à segurança dos trabalhadores executores de tarefas em espaço confinado e quando possível, oferecer soluções que eliminem ou amenizem estas ameaças. Esta pesquisa se justifica pelo fato de que, como já foi exposto, apesar dos controles já implementados e exigidos pelas legislações na maioria dos países, ainda ocorrem dezenas de mortes anualmente em espaços confinados mesmo em países desenvolvidos.

O presente artigo está organizado em quatro seções. Após esta introdução ao tema, que permitiu a contextualização do estudo, apresentamos o método utilizado na seção 2.2, os resultados e discussão na seção 2.3, e as conclusões, com sugestões para trabalhos futuros na seção 2.4.

4. METODOLOGIA

O estudo apresenta abordagem qualitativa que, na visão de Bauer e Gaskell (2002), permite interpretações da realidade, ou seja, com base no conteúdo detalhado coletado nos dados levantados, em consonância com o referencial teórico, o pesquisador estabelece pontos de compreensão.

A pesquisa foi conduzida com base na análise de casos práticos, entendido como “o estudo intensivo em que a finalidade é, pelo menos em parte, lançar luz sobre uma classe maior de casos (GERRING, 2007)”. Para isso, a coleta de dados foi realizada através da aplicação do Diagnóstico Participativo de Riscos (Deparis), de forma a engajar os próprios trabalhadores executores das atividades na análise, obtendo suas impressões e entendimentos sobre os fatores de risco envolvidos nas tarefas e identificando os mais comuns e os mais graves.

O método Deparis é recomendado pela abordagem metodológica SOBANE de gestão de riscos. Essa abordagem propõe que os riscos de uma situação de trabalho

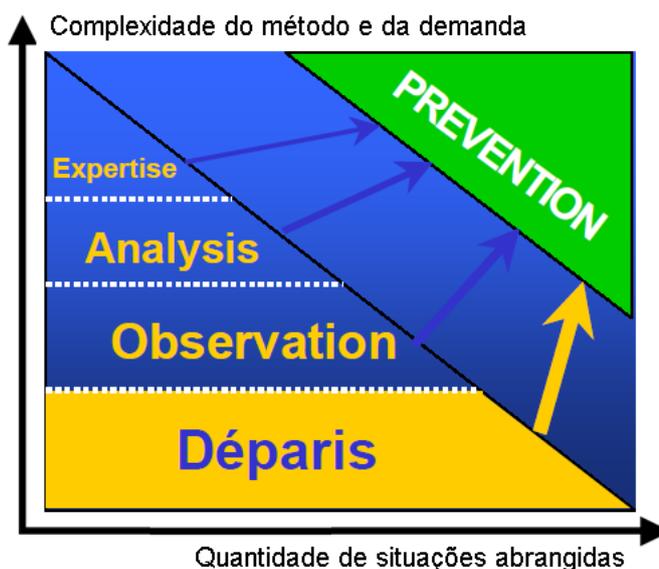
sejam tratados seguindo uma escalada por níveis crescentes de investimento e de especialização, priorizando a utilização de pessoal e recursos disponíveis no ambiente da atividade. Em caso de insuficiência destes recursos, buscam-se soluções no ambiente interno da organização e, se ainda for necessário, recorre-se a pessoal e recursos externos. Isso se justifica por oferecer respostas rápidas e baratas para os problemas mais simples de forma a otimizar o emprego de recursos e pessoal externos, atribuindo a eles apenas as dificuldades que não se tenha conseguido resolver com pessoal e recursos próprios (MALCHAIRE, 2004).

A estratégia é composta por quatro níveis:

- i. Diagnóstico Preliminar (*Screening*): neste nível identificam-se as fragilidades de segurança da situação de trabalho, indicam-se as melhorias identificáveis e implementa-se imediatamente as que forem possíveis pelo próprio pessoal envolvido e chefia imediata;
- ii. Observação: os problemas que não puderem ser facilmente resolvidos no nível I, passam por uma observação detalhada, que pode demandar auxílio de um prevencionista e de medições quantitativas das condições do ambiente e do trabalho;
- iii. Análise: quando os níveis anteriores não forem suficientes para reduzir os riscos a níveis aceitáveis, é necessária uma análise especializada e pesquisa de soluções. Para isso, pode ser necessário auxílio de prevencionistas externos com ferramentas e técnicas apropriados;
- iv. Perícia (*Expertise*): em casos de alta complexidade, em que as pessoas diretamente envolvidas na atividade juntamente com prevencionistas internos da organização e até mesmo externos, mas generalistas, não consigam chegar a uma solução, pode ser necessário auxílio de peritos altamente especializados, munidos de técnicas e ferramentas específicas.

A figura 2 ilustra o esquema geral da estratégia SOBANE, levando em consideração os quatro níveis supracitados:

Figura 2 - Esquema geral da abordagem metodológica SOBANE



Fonte: Adaptado de Malchaire (2003)

Portanto, a abordagem SOBANE prioriza a atuação dos envolvidos diretamente com a situação de trabalho. Segundo Malchaire (2004), não basta compreender a situação de trabalho, é preciso conhecê-la, e os maiores conhecedores são os próprios trabalhadores, de forma que são as pessoas mais indicadas para apontar os riscos envolvidos nas atividades laborais. Além disso, eles são quem melhor conhecem os recursos disponíveis para melhorar a situação de forma simples e rápida.

Com o intuito de orientar o engajamento destas pessoas no processo de gestão dos fatores de risco, a metodologia SOBANE indica o método Déparis para a realização do Diagnóstico Preliminar. O método propõe que a análise seja realizada através de diferentes rubricas:

1. As zonas de trabalho;
2. A organização técnica entre os postos;
3. Os locais de trabalho;
4. Os riscos de acidentes;
5. Os comandos e sinais;
6. As ferramentas e materiais de trabalho;
7. O trabalho repetitivo;
8. Os manuseios (levantamento) de carga;
9. A carga mental;

10. A iluminação;
11. O ruído;
12. Os ambientes térmicos;
13. Os riscos químicos e biológicos;
14. As vibrações;
15. As relações de trabalho entre trabalhadores;
16. O ambiente social local e geral;
17. O conteúdo do trabalho;
18. O ambiente psicossocial.

De acordo com Malchaire (2004), a ordem destas rubricas foi pensada para, indo do mais geral para o mais específico, de maneira a desenvolver uma abordagem física da situação de trabalho, considerando a organização geral (1 e 2) antes dos espaços de trabalho (3), e seguindo com a segurança (4) e as ferramentas e meios diretos do trabalho (5 a 9). A análise dos fatores do ambiente (nº 10 a 14), frequentemente abordados em primeiro lugar, foram deliberadamente postergados para evitar que recebam mais atenção que os demais aspectos, como tende a acontecer. Os fatores psico-organizacionais (nº 15 a 18) ficaram no final.

A técnica deve ser coordenada por alguém que a tenha estudado profundamente, preferível, mas não necessariamente, um prevencionista que, em conjunto com os envolvidos e conhecedores do trabalho, deverá descrever como seria a situação ideal. O coordenador deve adaptar as rubricas à realidade da situação de trabalho, inclusive eliminando e adicionando aspectos a serem avaliados conforme necessidade. Em seguida, o grupo deve apontar o que está diferente do desejado, atribuindo uma nota dentre três níveis de satisfação e buscar sugestões sobre como melhorar estes desvios. Deve ser indicado a quem caberia realizar as alterações indicadas e ainda, mesmo que superficialmente, deve ser realizada uma avaliação de quão custosas seriam as modificações propostas (BENEDITO DA SILVA; AMARAL, 2018). Para cada rubrica, é preenchido um quadro semelhante ao da Figura 3.

Figura 3 - *Template* para a aplicação do método Deparis

RUBRICA	
Situação desejada:	O que fazer de concreto para melhorar a situação?
A controlar:	
Aspectos a serem estudados com mais detalhes:	  

Fonte: Malchaire (2003)

A partir disso, este estudo consistiu na aplicação do método Deparis em 20 situações de trabalhos em espaço confinado diferentes em unidades industriais de processo. Cada aplicação contou com três ou quatro participantes: um coordenador da técnica, um ou dois executores da tarefa (entrantes no Espaço Confinado e um observador, vigia). Ao todo, foram 43 trabalhadores participantes da pesquisa. Alguns deles participaram da análise de mais de uma situação de trabalho.

As situações de trabalho analisadas diferiram entre si na sua natureza ou no Espaço Confinado em que foram realizadas. O mesmo Espaço Confinado foi analisado durante diferentes tarefas e tarefas semelhantes foram analisadas em espaços diferentes. A tabela 1 apresenta as situações de trabalho analisadas.

As rubricas foram adaptadas, conforme recomenda o método, de forma a corresponderem melhor à realidade deste tipo de atividade e ambiente, além do próprio vocabulário, fazendo uso de termos comuns ao dia a dia dos trabalhadores para facilitar a sua compreensão e estimulá-los a contribuir com a análise. Desta adaptação resultaram 11 rubricas:

1. Local de trabalho;
2. Organização da tarefa em relação aos demais participantes;

Tabela 1 - Lista das situações de trabalho analisadas

	EQUIPAMENTO	DIMENSÕES (área do piso/altura)	TAREFA	FERRAMENTAS
1	Vaso separador	8m ² /10m	Limpeza	Escovas e Vassouras
2	Vaso separador	8m ² /10m	Montagem de andaime	Ferramentas manuais, tubos de andaime
3	Vaso separador	8m ² /10m	Escovação	Escova manual e rotativa (elétrica)
4	Vaso separador	3m ² /5m	Escovação	Escova manual e rotativa (elétrica)
5	Vaso separador	8m ² /10m	Pintura	Tinta, pincel e rolo
6	Torre de destilação	13m ² /50m(total)1m (entre pratos)	Limpeza	Escovas e Vassouras
7	Torre de destilação	13m ² /50m(total)1m (entre pratos)	Desmontagem de componentes	Ferramentas manuais (cheves, marretas)
8	Torre de destilação	13m ² /50m(total)	Montagem de andaime	Ferramentas manuais, tubos de andaime
9	Torre de destilação	13m ² /50m(total)	Solda	Máquina de solda
10	Calota inferior de Reator	9,6m ² /1,5m	Escovação	Escova manual e rotativa (elétrica)
11	Calota inferior de Reator	9,6m ² /1,5m	Escovação	Escova manual e rotativa (elétrica)
12	Calota inferior de Reator	9,6m ² /1,5m	Pintura	Tinta, pincel e rolo
13	Reator	9,6m ² /8m	Limpeza	Escovas e Vassouras
14	Reator	9,6m ²	Montagem de andaime	Ferramentas manuais, tubos de andaime
15	Reator	9,6m ²	Escovação	Escova manual e rotativa (elétrica)
16	Reator	9,6m ²	Solda	Máquina de solda
17	Forno	20m ² /20m	Montagem de andaime	Ferramentas manuais, tubos de andaime
18	Forno	20m ² /20m	Remoção de tubos com corte	Serra rotativa (elétrica)
19	Forno	20m ² /20m	Instalação de tubos	Ferramentas manuais e solda
20	Filtro	0,8m ² /2m	Escovação	Escova manual e rotativa (elétrica)

Fonte: Elaborada pelos autores

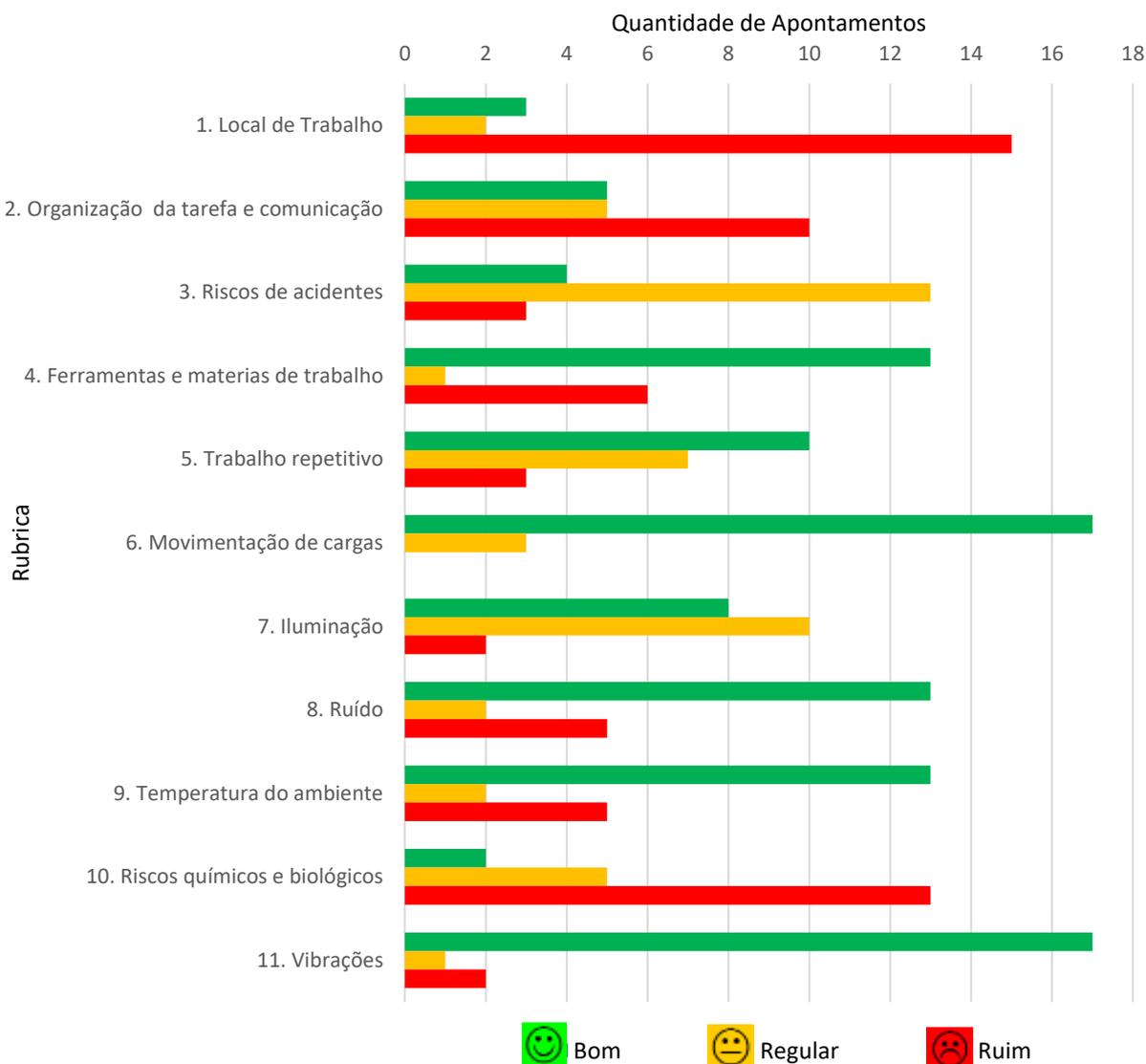
3. Riscos de acidentes;
4. Ferramentas e materiais de trabalho;
5. Trabalho repetitivo;
6. Manuseio e levantamento de cargas;
7. Iluminação;
8. Ruído;
9. Temperatura do ambiente;
10. Riscos químicos e biológicos;
11. Vibrações.

Ainda buscando incentivar a contribuição dos participantes, optou-se por, antes do início de cada aplicação da técnica, conversar com os trabalhadores, explicando o motivo do estudo, esclarecendo que não se tratava de nenhum tipo de avaliação de desempenho pessoal e que nenhuma repercussão negativa resultaria da participação na análise. Visando tranquilizá-los ainda mais, a identificação dos participantes foi opcional. Feito este esclarecimento, os trabalhadores foram questionados sobre a sua experiência neste tipo de atividade e solicitados a explicar da forma mais detalhada possível a atividade a ser realizada. Estas conversas foram gravadas e pretende-se que sirvam de subsídio para estudos futuros.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 4 apresenta as notas de satisfação referentes às 11 rubricas para as 20 situações de trabalho avaliadas. A análise do gráfico permite observar que os fatores identificados como mais problemáticos pelos trabalhadores são os locais de trabalho, os riscos químicos e biológicos, a organização da tarefa e comunicação e riscos de acidentes. Estes resultados estão de acordo com os principais fatores de risco apontados por Selman (2018), Dowd e Daher (2019), Burlet-Vienney (2014) e Botti (2017).

Figura 4 - Quadro geral das avaliações das rubricas



Fonte: Elaborado pelo autor

2.3.1 Os Locais de Trabalho

Das 20 situações avaliadas, 15 tiveram sua avaliação quanto ao local de trabalho consideradas ruins, 2 regulares e 3 boas. Entre as avaliações ruins, nove apontaram dificuldade de circulação no interior (deficiência na ergonomia), dentre os quais seis foram considerados muito apertados, quatro casos apresentaram posições desconfortáveis e houve uma menção ao pouco contato visual com os colegas no interior do espaço.

Essas reclamações sobre os espaços de trabalho já eram esperadas, uma vez que estão de acordo com a literatura. Botti (2017) aponta que fatores relacionados aos espaços de trabalho estão entre os principais riscos de acidentes em espaços

confinados. A análise das situações resultou no entendimento de que as dificuldades de circulação são inerentes ao tamanho dos espaços de trabalho. Assim sendo, a medida adotada foi a busca, sempre que possível, por dispor os materiais e ferramentas fora das áreas de circulação, mantendo-as ao alcance dos trabalhadores, mas fora do seu espaço de movimento. Nos casos em que foram relatadas posições desconfortáveis, por sua vez, decidiu-se por promover o revezamento dos trabalhadores para permitir intervalos frequentes de descanso, uma vez que os espaços apertados eram inevitáveis.

2.3.2 Organização da Tarefa e Comunicação

Em 10 casos foram identificadas dificuldades de contato visual e de comunicação com os vigias. Nos casos em que a comunicação direta entre o vigia e os executores não era possível, utilizou-se um vigia auxiliar (chamado de espelho) no interior do espaço confinado, prática comum neste tipo de atividade. Mesmo assim, em cinco casos, nem mesmo o vigia dentro do Espaço Confinado conseguiu manter contato visual permanente com o vigia e o executante da tarefa simultaneamente em função de obstáculos no interior dos equipamentos. Nestes casos, optou-se por monitorar a condição de trabalho através de comunicação oral direta, ou via rádio, em intervalos constantes de 2 em 2 minutos.

Ainda assim, ao final da atividade, houve relatos de falta de comunicação por períodos maiores que cinco minutos em duas das situações de trabalho. Os vigias relataram que não conseguiam escutar os trabalhadores sem auxílio do rádio e que eles nem sempre atendiam aos chamados via rádio nos intervalos mínimos combinados. Os trabalhadores, por sua vez, apontaram que nem sempre os vigias os contatavam no período estipulado e que, quando eles o faziam, era incomodo responder porque, para isso, era necessário que ele, trabalhador, largasse a ferramenta que estava utilizando para levar a mão ao botão de resposta do rádio, prejudicando o andamento da tarefa. Estes resultados confirmam os apontamentos de Dowd e Daher (2019), Botti (2017) e Kiehl (2020), que indicam problemas de comunicação como um dos maiores fatores de risco em atividades em espaço confinado. Desta forma, entende-se que será necessária a busca por uma solução mais satisfatória para este problema. Na figura 5 é apresentado um exemplo do posicionamento de um observador na entrada de um Espaço Confinado e a sua visão para o interior.

Figura 5 - Vigia visto de dentro para fora do EC (a) / Visão do vigia do interior (b) / Interior do EC (c)

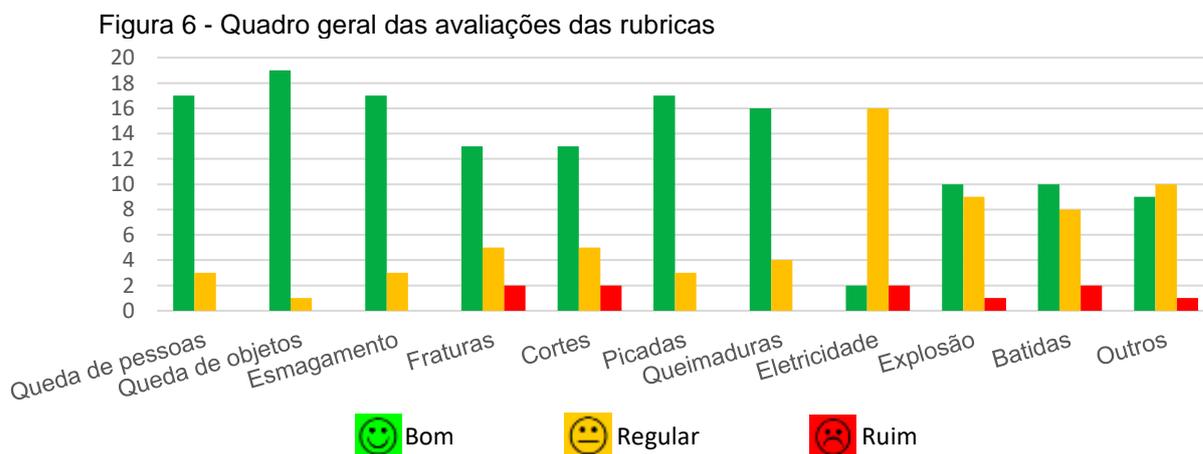


Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Além das 10 avaliações negativas, foram registradas 5 avaliações regulares, sendo que duas delas também se trataram de situações com uso de vigia espelho. As demais avaliações a respeito da organização da tarefa e comunicação foram positivas. Não houve apontamentos negativos em relação à organização do trabalho nem ao entrosamento das equipes.

2.3.3 Riscos de acidentes

As avaliações gerais das situações de trabalho em relação ao risco de acidentes resultaram em 4 análises satisfatórias, 13 regulares e 3 insatisfatórias. Entretanto, a figura 6, que mostra as avaliações separadas por tipo de acidente, sugere a predominância de riscos considerados baixos. Apenas o risco de choque elétrico apresentou maioria de avaliações de nível médio. Note-se que, apesar de apenas dez situações de trabalho utilizarem ferramentas com acionamento elétrico, todas as vinte situações analisadas contaram com iluminação elétrica.



No que se refere ao risco de choques elétricos, estes resultados concordam com os estudos de Selman (2018) e Burlet-Vienney (2015), que apontam a eletricidade como um dos principais fatores de risco causadores de acidentes em espaço confinado. Por outro lado, os mesmos autores também consideram relevantes os riscos de explosão e quedas de altura, enquanto, na percepção dos trabalhadores, a maioria das situações não apresentou riscos consideráveis de queda em altura. Acredita-se que esse resultado se deva às geometrias específicas das atividades avaliadas. Sobre o risco de explosão, nove avaliações indicaram risco moderado e uma, risco alto, somando metade das situações analisadas.

Chama a atenção a concentração de avaliações regulares em termos gerais para esta rubrica, principalmente quando se observa as notas atribuídas a cada risco individualmente e se percebe que quase todos os riscos de acidentes foram considerados baixos, excetuando-se, como já exposto, o risco de choque elétrico. Pode-se, então, conjecturar se foi a preocupação com os choques elétricos, que levou a maioria a atribuir o risco geral de acidentes como moderado ou se haveria outra razão.

Uma explicação possível é que, por se tratar de ambientes conhecidamente hostis e dentro de uma indústria cuja força de trabalho é considerada detentora de uma cultura de segurança consolidada, a tendência é que esta força de trabalho não minimize os riscos de acidentes. Por outro lado, profissionais experientes em suas funções, como era a maioria dos trabalhadores participantes deste estudo, tendem a sentirem-se seguros a respeito do bom andamento de suas atividades. Resultaria, portanto, a tendência à classificação moderada dos riscos de acidentes.

Os envolvidos nas atividades não foram capazes de indicar sugestões para mitigar os riscos de acidentes porque, na maioria dos casos, consideraram os riscos intrínsecos às atividades realizadas ou desprezíveis. Em relação ao risco de choque elétrico, a medida adotada foi a realização de conferência adicional, antes do início das atividades, da integridade dos cabos elétricos dos equipamentos e de iluminação utilizados.

2.3.4 Ferramentas e materiais de trabalho

A maioria das avaliações sobre as ferramentas e materiais de trabalho foi positiva, com 13 avaliações. Uma avaliação foi regular, com apontamento de falha no

fornecimento de uniformes limpos e máscaras faciais de proteção biológica. As 6 avaliações negativas apontaram, além de necessidade de fornecimento de mais uniformes e máscaras, críticas ao estado das ferramentas fornecidas.

Esta rubrica foi a que mais intervenções puderam ser feitas assim que os problemas foram identificados. O apontamento ocorrido em diversas situações de trabalho serviu para identificar o fornecimento insuficiente de máscaras faciais (note-se que este estudo foi realizado durante os meses de novembro e dezembro de 2020, em plena pandemia de COVID-19 e, vale apontar que dezessete das atividades analisadas contaram com dois ou mais trabalhadores simultaneamente dentro dos Espaços Confinados). Em resposta a este problema, foi providenciada a distribuição de máscaras descartáveis para todos os trabalhadores. Uniformes adicionais também foram requisitados.

Além disso, os usuários identificaram diversas ferramentas danificadas, como escovas, lixas, chaves e marretas, que foram substituídas e encaminhadas para manutenção ou descarte. As atividades ficaram interrompidas enquanto eram providenciadas ferramentas em boas condições.

2.3.5 Trabalho repetitivo

Em relação ao trabalho repetitivo, foram apontadas 3 situações insatisfatórias. Dois deles se referiram a trabalhos com lixadeira manual e o terceiro se tratou de remoção de incrustações com marreta e talhadeira. As alternativas apontadas foram a utilização de lixadeiras elétricas e remoção de incrustações com jato de água de alta pressão. As demais avaliações apontaram 7 situações regulares, incluindo mais um caso de uso de lixadeira manual, e 10 satisfatórias.

O trabalho repetitivo não recebe ampla atenção na literatura envolvendo Espaço Confinado, não porque não ocorram trabalhos repetitivos em EC, mas, provavelmente, porque eles não sejam mais graves quando ocorrem nestes espaços do que quando acontecem em ambientes normais. Por isso, não há que se falar em comparação com os dados da literatura sobre este fator.

2.3.6 Movimentação de cargas

Nenhuma avaliação indicou situações com manuseio de cargas excessivamente pesadas. Em três casos as situações foram apontadas como

regulares, acusando levantamento de cargas de pesos médios com uso de cordas para elevar e descer materiais de plataformas de torre e reatores, mas os trabalhadores entenderam que as cargas eram compatíveis com suas capacidades e não souberam apontar alternativas viáveis para reduzir a necessidade do esforço.

2.3.7 Iluminação

No quesito iluminação houve 8 relatos positivos, 10 regulares e 2 ruins. Em função do risco adicional de ocorrência de acidentes que, segundo Veasey et al. (2006), a má iluminação ocasiona, em todas as avaliações regulares e ruins foram exigidas a instalação de mais lâmpadas no interior do equipamento. Em alguns casos, a solicitação foi atendida imediatamente. Em nenhum caso as atividades foram iniciadas enquanto não foram atingidas condições satisfatórias de iluminação.

2.3.8 Ruído

Sobre o ruído nos locais, 13 avaliações indicaram satisfação, 2 avaliações foram regulares, mencionando o ruído dos exaustores e sopradores de ar, e 5 apontaram altos ruídos relacionados às ferramentas utilizadas. Considerando que, segundo o manual da *Laborers' International Union of North America* (2001), os ruídos são ampliados dentro dos Espaços Confinados e ainda que, segundo Veasey et al. (2006), os ruídos dentro dos espaços confinados, além de poder causar danos aos sistemas auditivos dos trabalhadores, aumentam as chances de acidentes por falhas de comunicação dos executores do trabalho entre si e com os vigias, fica evidente a necessidade de melhorar as condições de trabalho nas situações com ruído elevado.

Uma vez que não se dispunha de equipamentos alternativos menos ruidosos, o procedimento adotado foi a utilização equipamento de proteção auditiva individual apropriada. A maioria dos trabalhadores já utilizavam protetor auditivo simples (de inserção no canal auditivo). Por isso, protetores auditivos externos (tipo concha) foram solicitados para os responsáveis, mas estavam indisponíveis e uma solicitação de compra foi realizada.

2.3.9 Temperatura do ambiente

Botti (2015) afirma que é comum a ocorrência de temperaturas extremas no interior de Espaços Confinados, podendo causar danos à saúde dos trabalhadores e acidentes em caso de mal-estar repentino ou desmaio. Dentre as situações

analisadas, 13 foram avaliadas como satisfatórias neste quesito, 2 situações foram apontadas como regulares e 5 como ruins. Entretanto, cabe apontar que todas as situações bem avaliadas se trataram de trabalhos durante o turno da noite, e seis das demais ocorreram durante o dia, apontando queixas de calor excessivo.

O sétimo relato de temperatura insatisfatória se tratou de um trabalho noturno com reclamação de frio excessivo, atribuído à temperatura ambiente baixa somada ao forte deslocamento de ar ocasionado pelo uso de exaustor e soprador de ar. Este problema não foi percebido no momento da aplicação da técnica, tendo sido relatado pelo trabalhador apenas no final da jornada. Ele foi contabilizado por julgar-se relevante e este problema passou a ser considerado com mais atenção nas avaliações seguintes, considerando a necessidade de utilização de casacos.

Portanto, pode-se notar a forte influência do horário na temperatura dos locais de trabalho, o que é característico deste tipo de ambiente, já que, na maioria dos casos, a luz solar incide diretamente na chaparia dos equipamentos nas plantas industriais. Buscou-se amenizar os problemas de calor através da disponibilização de água e sucos gelados na saída dos locais de trabalho (para evitar piorar ainda mais a questão de falta de espaço em seus interiores) e definição de intervalos fixos para descanso.

2.3.10 Riscos químicos e biológicos

13 situações de trabalho foram consideradas ruins em relação a riscos químicos e biológicos, 5 regulares e apenas 2 boas. A maioria dos apontamentos se referiu à possibilidade de vazamentos ou liberação de contaminantes em função da própria atividade desenvolvida, como solda (fumos metálicos). Além disso, riscos biológicos foram apontados em três frentes de trabalho em que o distanciamento entre os trabalhadores executores da tarefa, que seria desejável devido à corrente pandemia de COVID-19, não era possível em função da limitação de espaço. Nestes últimos casos, definiu-se que os trabalhos em duplas ou grupos seriam realizados preferencialmente por grupos fixos, de forma a evitar contatos com mais pessoas do que o necessário, além de terem sido disponibilizadas máscaras de proteção facial para todos os trabalhadores, como já foi mencionado na rubrica seção 4.4.

Em relação aos riscos químicos apontados, não foram encontradas soluções adicionais além daquelas já praticadas por norma e padrões de segurança como a

descontaminação prévia dos Espaços, isolamento de possíveis entradas de produtos provenientes de outros equipamentos da unidade industrial e utilização de ventilação forçada. Entende-se que o risco de presença de produtos tóxicos não é 100% eliminado, uma vez que podem haver falhas no processo de isolamento dos Espaços Confinados, além da possibilidade de geração de contaminantes em função da própria atividade, como nos casos de trabalhos de solda, ou liberação de contaminantes em função de desprendimento de sujeiras nos trabalhos de limpeza e escovação. Esse resultado concorda com o que se encontra na literatura, dado que os autores da área (MACCARRON, 2006, RAZAK, 2017, WILSON, 2012, BURLET-VIENNEY, 2015) são praticamente unânimes em apontar a possibilidade de contaminantes como principal fator de risco em espaços confinados. Desta forma, considera-se que é necessária uma análise mais aprofundada em busca de soluções mais confiáveis.

2.3.11 Vibrações

No que tange às vibrações, as condições da grande maioria das situações de trabalho foram consideradas satisfatórias. Houve 3 menções ao uso de lixadeiras elétricas, que são equipamentos abrasivos cuja utilização implica, necessariamente, na ocorrência de vibração. A alternativa indicada pelos trabalhadores foi a utilização de lixadeiras manuais, entretanto, seu uso implica em movimentos repetitivos e aumenta a penosidade da tarefa, necessitando ser cuidadosamente ponderado. A escolha da ferramenta mais apropriada ficou a critério dos trabalhadores, de forma que pudessem utilizar aquela que julgassem mais apropriada em cada caso.

As vibrações constituem-se em um fator de risco à saúde dos trabalhadores, assim como as posturas não ergonômicas e o levantamento de cargas pesadas. Estes fatores são amplamente reconhecidos no campo da ergonomia e sua ocorrência também é observada em trabalhos em Espaços Confinados (BOTTI, 2015, BURLET-VIENNEY, 2015, VEASEY, 2006). Entretanto, é possível argumentar que vibrações em EC não são mais graves que vibrações em serviços fora dos EC. O presente resultado parece apontar neste sentido, acusando a ocorrência de vibrações em algumas situações de trabalho, mas cuja relevância foi considerada secundária em relação a outros fatores de risco.

6. CONCLUSÃO

Este estudo contou com a participação de 43 trabalhadores que atuam dentro dos espaços confinados ou como vigias. Desta forma, ele oferece uma perspectiva pouco encontrada na literatura sobre trabalhos em Espaço Confinado, que geralmente conta com a experiência de especialistas que coordenam as atividades ou têm seu conhecimento baseado nas normas e na própria literatura, mas raramente são quem trabalha efetivamente nesses locais.

Em conformidade com as expectativas, diversas frentes de trabalho puderam ter suas condições de segurança aumentadas e penosidades reduzidas, atingindo níveis entendidos como, se não satisfatórios, pelo menos melhores que os originais. Trataram-se de medidas de organização das tarefas, substituição de ferramentas e fornecimento de materiais e iluminação apropriados.

Esses resultados depõem a favor da eficácia do método Deparis e da indicação do seu uso para este tipo de atividade. Entretanto, para além disso, é de relevante valor para o estudo dos trabalhos em Espaço Confinado a identificação dos aspectos mais graves, sob a perspectiva dos trabalhadores, e daqueles para os quais não foram encontradas soluções imediatas.

Dentre as onze rubricas analisadas, as que apresentaram mais avaliações negativas foram os locais de trabalho, em função da limitação dos espaços, e os riscos químicos e biológicos que são, como é sabido, agravados nestes ambientes em função do confinamento, ampliando a exposição dos trabalhadores. Em terceiro lugar ficou a interação dos trabalhadores entre si e com os vigias. Nesse ponto, apesar dos procedimentos adotados para intensificar o contato visual e a comunicação, ainda foram relatados casos em que os trabalhadores ficaram por conta própria, sem contato visual e até mesmo sem comunicação por períodos de tempo indesejáveis. Concluiu-se, portanto, que são recomendados estudos adicionais em que se apelem para especialistas ou que realizem pesquisas específicas por soluções que permitam o monitoramento confiável e constante das atividades.

Neste trabalho foram consideradas as principais atividades desempenhadas pelos trabalhadores em espaço confinado em equipamentos de indústrias de processo, como refinarias e petroquímicas. Ele contribui com o conhecimento científico na área de Engenharia de Segurança do Trabalho e Ergonomia na medida

em que oferece uma visão direta das atividades no momento da sua realização, o que significa uma dimensão prática raramente encontrada. Além disso, foi possível oferecer soluções simples para problemas comumente encontrados e apontar problemas mais graves que ainda demandam a busca por soluções mais efetivas do que aquelas atualmente empregadas. Sugere-se que trabalhos futuros partam das dificuldades mapeadas e busquem confirmá-las em estudos de maior escala, além de pesquisar por soluções cuja sofisticação e custos vão além da abordagem proposta pelo método Deparis.

7. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A., N.. Análise do Trabalho em Espaços Confinados. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16577: Espaço confinado: Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção. ABNT. São Paulo, 2017.
- BAUER, Martin; GASKELL, George (Orgs). Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som. Petrópolis: Vozes, 2002.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 33: Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados. Diário Oficial da União, 26 dez. 2006. Disponível em:
<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_33.pdf>.
Acesso em: 20 nov. 2020.
- BURLET-VIENNEY, D.; CHINNIAH, Y.; BAHLOUL, A.. The need for a comprehensive approach to managing confined space entry: summary of the literature and recommendations for next steps. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, v. 11, n. 8, p. 485–498, 2014.
- CARVALHO SILVA, B.. Proposta de método para identificação dos fatores que influenciam a segurança do trabalho em espaços confinados: uma aplicação na indústria química. Universidade de São Paulo. 2015.
- DA SILVA, R.; AMARAL, F. Diagnóstico Participativo de Riscos (Deparis) aplicado ao ambiente de trabalho dos docentes de uma instituição federal de ensino superior. *Revista Gestão Industrial*, Ponta Grossa, v. 14, n. 4, p. 103-123, out./dez., 2018.
- DI DONATO, L.; LONGO, F.; FERRARO, A.; PIROZZI, M.. An advanced solutions for operators' training working in confined and /or pollution suspected space. *Procedia Manufacturing*, v. 42, p. 254-258, 2020.
- DOWD, D.; DAHER, E. (2019, April 19). Redefining Confined Space Safety: A Case Study. Society of Petroleum Engineers, 2019.
- DUARTE, Jorge. Entrevista em profundidade. In: DUARTE, Jorge; BARROS, Antonio

- et al. (Org.). Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- GERRING, J. Case Study Research: Principles and Practices. Cambridge University Press: Cambridge, 2007.
- KIEHL, Zachary; DURKEE, Kevin; HALVERSON, Kent; CHRISTENSEN, James; HELLSTERN, George. Transforming work through human sensing: a confined space monitoring application. Structural Health Monitoring, v. 19, n. 1, 2020.
- KLETZ, T.A.. What Went Wrong? Case Histories of Process Plant Disasters and How They Could Have Been Avoided. 5 ed. Elsevier: Burlington, Massachusetts, 2009.
- LOPEZ, Jose María Cabero. Remote Monitoring for Safety of Workers in Industrial Plants: Learned Lessons Beyond Technical Issues. Academic Press, p. 301-310, 2019.
- MACCARRON, C.. Confined Space Fatalities. Edith Cowan: Perth, Western Australia, 2006.
- MALCHAIRE, J. The SOBANE risk management strategy and the Déparis method for the participatory screening of the risks. International archives of occupational and environmental health, v. 77, n. 6, p. 43–50, 2003.
- MALCHAIRE, J. B. The SOBANE risk management strategy and the Déparis method for the participatory screening of the risks. Occupational Hygiene and Work Physiology Unit, Université catholique de Louvain, 2004.
- MARTINS, A.. Análise do Trabalho em Espaço Confinado: Descontaminação e Manutenção de Vagão Tanque Ferroviário. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.
- PINTO, E., J., M. Avaliação de Riscos em Espaços Confinados na Indústria de Óleo e Gás. Universidade Federal do Espírito Santo. 2015.
- SELMAN, J.; SPICKETT, J.; JANSZ, J.; MULLINS, B.. Confined space rescue: A proposed procedure to reduce the risks. Safety Science, v. 113, p. 78-90, 2018.
- U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS, disponível em <https://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/confined-spaces-2011->

18.htm#:~:text=From%202011%20to%202018%2C%201%2C030,high%20of%20166%20in%202017.&text=Confined%20spaces%20are%20based%20on,and%20Health%20Administration%20(OSHA). Acesso em 02/02/2021.

VEASEY, D., MCCORMICK, L., HILYER, B., OLDFIELD, K., HANSEN, S., & KRAYER, T., 2006. Confined space entry and emergency response: Wiley-Interscience.

3. ARTIGO 2 - TRABALHOS EM ESPAÇOS CONFINADOS EM INDÚSTRIAS DE DERIVADOS DE PETRÓLEO: FATORES DE RISCO, PROCEDIMENTOS ATUAIS DE CONTROLE E NOVAS ALTERNATIVAS

RESUMO

As atividades em Espaços Confinados apresentam sérias ameaças à segurança dos trabalhadores, motivando a elaboração de normas em todo o mundo para aumentar a segurança destas atividades. Entretanto, acidentes com lesões e mortes ainda acontecem todos os anos com taxas consideráveis em todo o mundo. Quando ocorrem em indústrias de petróleo, gás e derivados, como refinarias e petroquímicas, os fatores de risco associados aos trabalhos em Espaços Confinados são potencializados pela presença de produtos tóxicos e inflamáveis e altas pressões e temperaturas, que são normais nos processos deste tipo de indústria. Apesar dos reconhecidos avanços já realizados em termos de segurança do trabalho, ainda é necessário atingir melhores resultados. Neste sentido, avanços em tecnologias de sensoriamento remoto, Tecnologia da Informação (TI), Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT), miniaturização de dispositivos, entre outros, favorecem o surgimento de uma nova onda de estudos e ofertas de soluções em segurança do trabalho. Este estudo visa elencar, através de uma revisão sistemática de literatura, os principais fatores de risco presentes em Espaços Confinados nas indústrias de petróleo e derivados, bem como os procedimentos atualmente implementados para o seu controle, além de apontar soluções e identificar os desafios e requisitos a serem atendidos para a sua utilização. A principal contribuição desta revisão sistemática foi mapear as novas alternativas que surgiram nos recentes estudos na área com soluções promissoras. Embora o contexto inovador, foram evidenciados desafios de ordem cultural, econômica, normativa e técnica, na consolidação do uso destas novas ferramentas para melhorar a segurança nestas atividades.

Palavras chave: Espaço Confinado, Avaliação de Riscos, Redução de Riscos, Óleo e Gás, Prevenção

ABSTRACT

Activities in Confined Spaces pose severe threats to the safety of workers, prompting the development of standards around the world to increase the safety of these activities. However, injuries and fatalities still happen every year at considerable rates around the world. When they occur in oil, gas, and derivatives industries, such as refineries and petrochemicals, the risk factors associated with work in Confined Spaces are enhanced by toxic and flammable products and high pressures and temperatures, typical in the processes of this type of industry. Despite the recognized advances already made in terms of work safety, it is still necessary to achieve better results. In this sense, advances in remote sensing, Information Technology (IT), Internet of Things (IoT), device miniaturization, among others, enables the emergence of a new wave of studies and offers of solutions in work safety. This study aims to list the main risk factors present in confined spaces in the oil and derivatives industries through a systematic literature review, as well as the procedures currently implemented for their control, in addition to pointing out solutions and identifying the challenges and requirements to be attended for their use. The main contribution of this systematic review was to map the new alternatives that emerged in recent studies in the area with promising solutions. Despite the innovative context, economic, cultural, normative, and technical challenges were highlighted in consolidating these new tools to improve safety in these activities.

Keywords: *Confined Space, Risk Assessment, Accidents, Risk Reduction, Oil and Gas, Prevention*

3.1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento acelerado de novas tecnologias vem transformando cada vez mais setores da economia, da indústria e da vida dos seres humanos. Nos últimos anos as tecnologias vestíveis vêm sendo aprimoradas e oferecendo cada vez mais funcionalidades como serviços de localização, comunicação remota, e monitoramento de condições físicas das pessoas e ambientes. Entretanto, nem todas as atividades humanas aproveitam as novas tecnologias desenvolvidas na mesma velocidade. Os trabalhos em espaço confinado são atividades perigosas, cujas formas de controle e proteções pouco evoluíram na primeira década do século. Entretanto, nos últimos anos, começaram a surgir estudos para utilizar avanços tecnológicos que já são utilizados em outras áreas para solucionar problemas neste campo.

Espaços confinados (EC) são ambientes de difícil acesso e evacuação, que podem apresentar atmosferas nocivas, como falta de oxigênio, substâncias tóxicas, asfixiantes e explosivas, além de outras ameaças como soterramento, mas que frequentemente precisam ser acessados para a realização de tarefas das mais variadas. A entrada neste tipo de ambiente é necessária para a execução de atividades de manutenção e produção na agricultura, em diversas áreas da indústria e até, eventualmente, em atividades domésticas, como limpezas de poços ou caixas d'água. Em função da diversidade de ambientes que se caracterizam como espaço confinado, eles podem diferir bastante entre si, de forma que cada espaço confinado representa um cenário específico e precisa ser avaliado individualmente antes de ser acessado.

A ocorrência de trabalhos em espaços confinados é bastante comum na indústria de petróleo, gás e derivados, devido à necessidade de manutenção ou inspeção em equipamentos que precisam ser realizadas a partir de seu interior. Para isso, antes de entrar nos equipamentos é necessário realizar uma série de procedimentos operacionais para esgotamento dos produtos em seu interior e descontaminação. Após esta etapa, outros procedimentos precisam ser adotados para impedir a entrada de novos produtos tóxicos ou energias, e para garantir a segurança do ambiente a ser adentrado.

As medidas de controle a serem adotadas são regulamentadas por normas vigentes, como a 1910.146 de 1993 da *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), a brasileira NBR 16577:2017 da Associação Brasileira de Normas Técnicas

(ABNT), e tantas outras. Entretanto, apesar dos esforços para a padronização do controle dos fatores de riscos, segundo levantamento realizado por Selman (2018) em diversos estudos sobre o tema, ainda ocorrem dezenas de mortes anualmente em espaços confinados mesmo em países com medidas de controle consolidadas.

Após quase duas décadas com pouca novidade sobre o tema, nos últimos anos começaram a surgir diversos estudos sobre novos métodos de identificação e controle de riscos, novas ferramentas e sistemas capazes de auxiliar nestas tarefas. A própria Petrobras, gigante brasileira na produção e refino de petróleo, reconhecendo a necessidade de aumentar a segurança dos trabalhos em EC, lançou, em 2019, 2020, e 2021, editais públicos convidando empresas inovadoras e de tecnologia a desenvolver, entre outros desafios, soluções para monitoramento remoto dos trabalhadores e dos ambientes confinados.

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivos identificar as especificidades dos trabalhos em espaço confinado em indústrias de petróleo e derivados e as medidas de controle atualmente praticadas e mapear na literatura novas soluções possam contribuir para aumentar a segurança nestas atividades, identificando os desafios que se impõe à sua aplicação. Desta forma pretende-se caracterizar o estado da arte em segurança em espaço confinado neste setor e identificar as tendências para o seu aprimoramento.

Este artigo está organizado em quatro seções, começando pela presente introdução. Na seção 3.2 são descritos metodologia empregada nesta revisão sistemática de literatura, o método PRISMA, e o protocolo de revisão com as questões que norteiam a pesquisa; os resultados são apresentados na seção 3.3, com as respostas para perguntas levantadas; por fim, a seção 3.4 traz as conclusões do estudo e oferece tendências para as pesquisas na área.

3.2 METODOLOGIA

Este estudo é uma revisão sistemática de literatura realizada através do protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Moher et al., 2009). A etapa inicial consistiu na definição das perguntas a serem respondidas, das bases de dados pesquisadas e das palavras chaves e conectores a serem utilizados de acordo com os objetivos da pesquisa. A etapa seguinte foi a pesquisa nas bases de dados e seleção preliminar dos artigos. Em seguida foi realizada a avaliação dos artigos obtidos na etapa anterior, em busca

daqueles que ofereciam contribuições para as respostas das perguntas formuladas. Feito isso, os artigos considerados relevantes foram lidos e as suas contribuições foram coletadas e organizadas. Além disso, desta etapa resultou uma nova pesquisa em formato de “bola de neve”, na qual artigos que não haviam sido previamente identificados, mas que foram referenciados nos artigos lidos e ofereciam contribuição para este estudo foram incluídos na pesquisa. Estas etapas são detalhadas a seguir.

3.2.1 Questões, bases de dados e termos de pesquisa

Esta pesquisa buscou responder as seguintes perguntas:

1. Qual é a definição de espaço confinado?
2. Quais são os principais fatores de risco envolvidos?
3. Quais fatores de risco estão presentes em EC na indústria de petróleo e derivados?
4. Quais são as principais normas e protocolos que tratam do tema?
5. Que medidas de segurança são utilizadas para eliminar ou diminuir os fatores de risco?
6. Que soluções podem ajudar a aumentar a segurança nos trabalhos em EC?
7. Quais são as principais barreiras para a aplicação destas soluções?

As bases de dados *Web of Science* e *Scopus* foram selecionadas para a realização desta pesquisa. Essa escolha se deu por entender que, juntas, essas bases contemplam a maioria dos principais periódicos relevantes para esta pesquisa. O protocolo de revisão é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Protocolo de revisão

Etapa	Informação coletada	
Pesquisa nas bases de dados e seleção preliminar	Ano	
	Autores	
	Título	
	Journal	
Avaliação de Conteúdo	Palavras-chave	
	Resumo e Objetivos do Artigo	Grupo 1 (todas as respostas afirmativas) O estudo trata de segurança em trabalhos em espaço confinado?
	Resultados	O estudo apresenta contribuição relevante para o tema?
	Questões de interesse	Grupo 2 (ao menos uma resposta afirmativa) O estudo apresente a definição de espaço confinado? O estudo apresenta os principais fatores de risco envolvidos? O estudo apresenta fatores de risco presentes em EC na indústria de petróleo? O estudo cita normas de segurança para trabalhos em EC? O estudo cita medidas de segurança para trabalhos em EC? O estudo traz uma solução com potencial para aumentar a segurança em EC? O estudo expõe barreiras para a utilização das soluções propostas e estratégias sugeridas para superá-las?
		Definição de Espaço Confinado
		Principais fatores de risco apontados
		Principais fatores de risco em EC em indústrias de petróleo, gás e derivados
		Normas e padrões sobre trabalhos em EC
		Estratégias e ferramentas para reduzir os fatores de risco
		Solução oferecida
Obstáculos e estratégias para a superação a eliminação dos fatores de risco		
País de realização do estudo		
Contribuições específicas		
Artigos relevantes citados		

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a definição das palavras-chave e operadores booleanos, uma pesquisa teste foi realizada utilizando a base de dados *Science Direct*. Inicialmente, pesquisou-se apenas pelo termo “*confined space*”, restringindo a busca a artigos publicados entre os anos 2000-2020. O resultado da busca foram 13.958 artigos. Em seguida, aumentou-se a restrição adicionando “*confined space*” no título e “*risk control*” ou “*safety*” nas palavras chave e resumos. Obtendo-se 37 resultados. Para aumentar o alcance, tomou-se as palavras-chave mais comuns entre os artigos encontrados: “*risk assessment*”, “*hazard*”, “*industrial safety*” e “*occupational risk*”, além dos termos “*process industry*”, “*oil and gas*” e “*refinery*”, buscando artigos que tratassem do tema mais específico das indústrias de petróleo e derivados. A *string* resultante foi: TI=(confined space) AND (AB=(safety OR risk assessment OR hazard OR risk control OR occupational risk OR industrial safety OR process industry OR process industries OR refinery OR oil and gas) OR AK=(safety OR risk assessment OR hazard OR risk

control OR occupational risk OR industrial safety OR process industry OR process industries OR refinery OR oil and gas)). Essa busca, realizada nos meses de abril e março de 2021, resultou em 47 artigos nessa base de dados. As mesmas palavras chave foram aplicadas às demais bases de dados, -respeitando-se as especificidades dos operadores das buscas de cada base.

3.2.2 Pesquisa nas bases de dados e seleção preliminar

A pesquisa descrita na seção anterior resultou em um total de 156 artigos nas três bases de dados. Considerando apenas aqueles publicados entre os anos 2000-2021. Uma avaliação preliminar foi realizada a partir dos títulos e resumos dos artigos. Nesta etapa foram eliminados 112 artigos, que não eram relacionados com o tema da pesquisa, permanecendo 44 artigos em análise. O software Mendeley foi utilizado para organizar os artigos e encontrar os duplicados, realizando 7 remoções, levando a 37 artigos remanescentes.

3.2.3 Avaliação de conteúdo

A etapa seguinte consistiu na avaliação do conteúdo dos artigos restantes a partir da leitura de suas introduções e conclusões. O objetivo desta etapa foi responder as questões do grupo 1, mostradas na tabela 2, de forma a avaliar a relevância do estudo para a presente pesquisa. Apenas os trabalhos que respondessem positivamente às duas questões foram mantidos na pesquisa. Desta etapa passaram 27 artigos.

3.2.4 Extração de conteúdo e pesquisa “bola de neve”

Nesta fase da pesquisa, todos os artigos selecionados foram lidos integralmente. A pesquisa “bola de neve” consistiu em aplicar as etapas anteriores nos artigos citados por aqueles previamente selecionados. Sete artigos foram adicionados nesta etapa, de forma que, após este estágio, chegou-se ao grupo final de 34 estudos.

3.2.5 Análise dos artigos selecionados

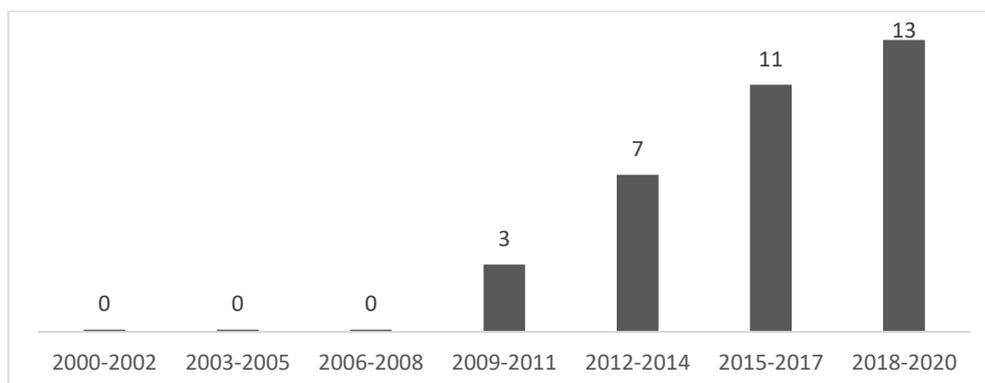
A partir da leitura dos artigos selecionados, todas as respostas apresentadas pelos autores para as perguntas de interesse deste estudo foram compiladas e registradas em uma planilha Excel. Além disso foi construída uma rede de citações entre os autores das obras selecionadas nesta revisão, ranqueando-os de acordo com

o número de citações obtidas. Isso foi realizado com auxílio do software NodeXL. O intuito desta etapa foi identificar as contribuições mais relevantes sobre o tema do ponto de vista de própria comunidade de autores selecionados.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

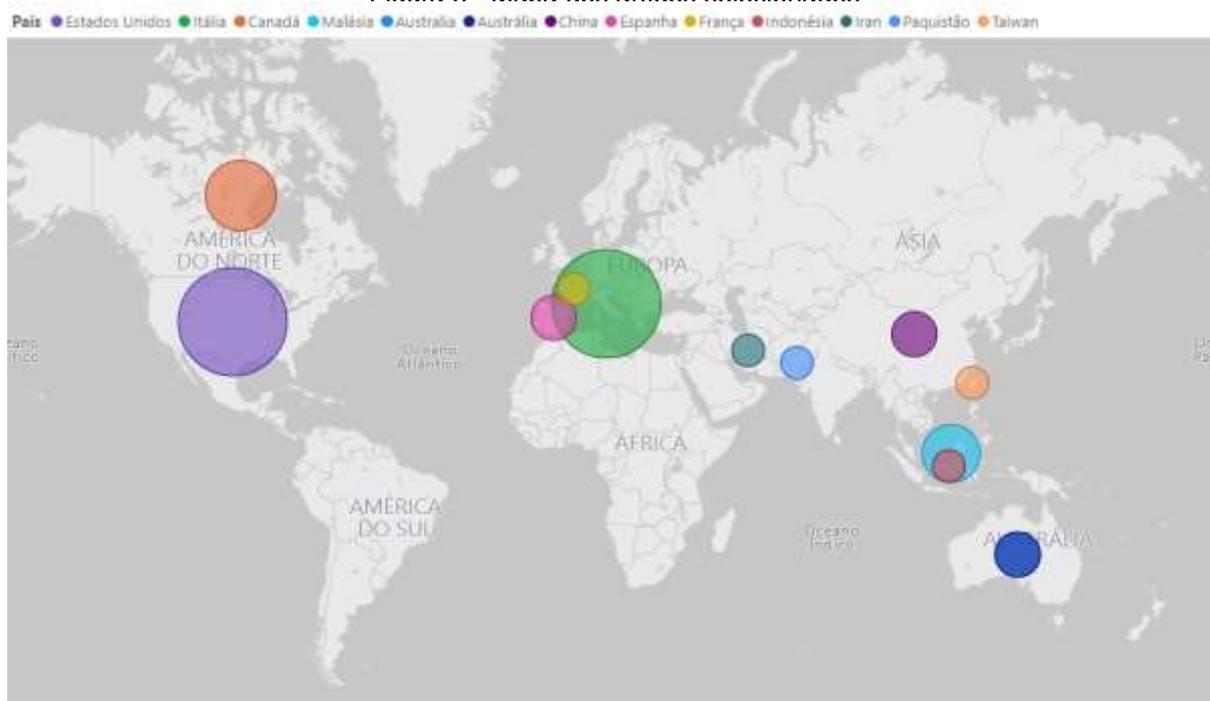
A tabela 3 apresenta os 34 artigos selecionados nesta revisão sistemática. Nota-se que a maioria dos artigos é da última década, sendo que o mais antigo data de 2009 e o maior número de publicações selecionadas foi no ano de 2020. Os países que apresentaram mais publicações selecionadas foram Estados Unidos e Itália, cada um com 7 publicações, seguidos por Austrália e Canadá, com 4 cada. A figura 8 apresenta o mapa das publicações.

Figura 7 - Quantidade de publicação por triênios



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8 - Mapa dos artigos selecionados



Fonte: Elaborado pelo autor

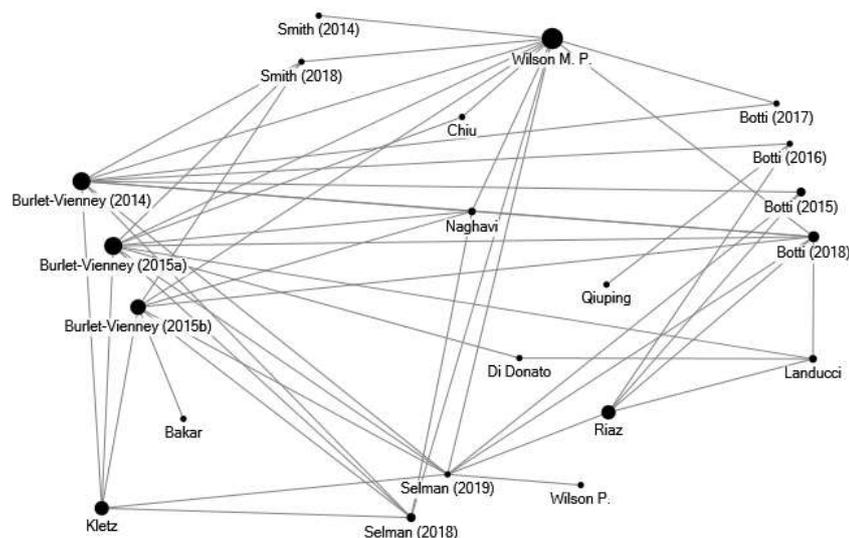
Tabela 3 - Artigos selecionados com as respectivas origens e anos de publicação

ID	Autores	Ano	País
1	Boulefaa, W.; Autret, T.; Benchekroun, T.H.	2020	França
2	Chiu, C.C.; Chang, Y.M.; Wan, T.J.	2020	Taiwan
3	Di Donato, L.; Longob F.; Ferraro A.; Pirozzi M.	2020	Itália
4	Fithri, P.; Wirdianto, E.; and Asri, Y.	2020	Indonésia
5	Kiehl, Z.A.; Durkee, K.T.; Halverson, K.C.; Christensen, J.C.; Hellstern, G.F.	2020	EUA
6	Landucci, G.; Ricciardi, L.; Rossi, L.; Ovidi, F.; Di Donato, L.	2020	Itália
7	Dowd, D.; Daher, E.	2019	Malásia
8	Naghavi K., Z.; Mortazavi, S.B. ; Asilian M., H.; Hajizadeh, E.	2019	Iran
9	Cabero Lopez, J.M.	2019	Espanha
10	Selman, J.; Spickett, J.; Jansz, J.; Mullins, B.	2019	Austrália
11	Botti, L.; Duraccio, V.; Grazia Gnoni, M.; Mora, C.	2018	Itália
12	Selman, J.; Spickett, J.; Jansz, J.; Mullins, B.	2018	Australia
13	Smith, T.D.; Herron, R.; Le, A.; Wilson, J.K.; Marion, J.; Vicenzi, D.A.	2018	EUA
14	Botti, L.; Ferrari, E.; Mora, C.	2017a	Itália
15	Botti, L.; Mora, C.; Ferrari, E.	2017b	Itália
16	Razak, A.A.A.; Abdullah, A.H.; Kamarudin, K.; Bakar, M.A.A.; Salih, J.E.M.; Ilias, B.; Shukor, S.A.A.; Sa'ad, F.S.A.; Mustafa, M.H.	2017	Malásia
17	Botti, L.; Bragatto, P.A.; Duraccio, V.; Gnoni, M.G.; Mora, C.	2016	Itália
18	Burlet-Vienney, D.; Chinniah, Y.; Bahloul, A.; Roberge, B.	2016	Canadá
19	Bakar, M.A.A.; Abdullah, A.H.; Sa'ad, F.S.A.; Shukor, S.A.A.; Mustafa, M.H.; Kamis, M.S.; Razak, A.A.A.; Saad, S.A.	2016	Malásia
20	Botti, L.; Duraccio, V.; Gnoni, M.G.; Mora, C.	2015	Itália
21	Burlet-Vienney, D.; Chinniah, Y.; Bahloul, A.; Roberge, B.	2015a	Canadá
22	Burlet-Vienney, D.; Chinniah, Y.; Bahloul, A.; Roberge, B.	2015b	Canadá
23	Hwang, J.J.; Wu, C.H.; Zhuang, Z.Y.; Hsu, Y.C.	2015	China
24	Wang, Z.; Wilson, P.; Wang, Q.	2015	EUA
25	Burlet-Vienney, D.; Chinniah, Y.; Bahloul, A.	2014	Canadá
26	Riaz, Z.; Arslan, M.; Kiani, A.K.; Azhar, S.	2014	Paquistão
27	Smith, P.A.; Lockhart, B.; Besser, B.W.; Michalski, M.A.R.	2014	EUA
28	Wilson, P.; Wang, Q.	2013	EUA
29	Wilkinson, T.; Burns, K.; Simpson, A.; Walker, K.; Hunter, M.	2012	Austrália
30	Wilson, J.S.	2012	Australia
31	Wilson, M.P.; Madison, H.N.; Healy, S.B.	2012	EUA
32	Escribano, J.G.; García, A.; de la Fuente, M.	2011	Espanha
33	Qiuping, W.; Shunbing, Z.; Chunquan, D.	2011	China
34	Kletz, T.;Amyotte, P.	2009	EUA

Fonte: Elaborado pelo autor

O artigo mais citado, foi o de Wilson (2012), *Confined space emergency response: Assessing employer and fire department practices*, com 11 citações. A rede de citações é apresentada na figura 9.

Figura 9 - Rede de citações



Fonte: Elaborado pelos autores com o software NodeXL

A Figura 10 consiste em uma nuvem de palavras com as palavras-chave dos artigos selecionados nesta pesquisa, na qual é possível perceber que as palavras-chave mais recorrentes são *Confined Space*, *Risk Assessment*, *Accidents* e *Hazards*.

Figura 10 - Nuvem das palavras-chave dos artigos selecionados



Fonte: Elaborado pelo autor com a ferramenta wordclouds.com

As seções seguintes apresentam as respostas aos problemas de pesquisa levantados.

3.3.1 As definições de espaço confinado

A primeira questão a ser esclarecida é referente ao conceito de espaço confinado. Dos 34 trabalhos selecionados, 23 apresentaram definições para o termo espaço confinado. Doze deles adotam a definição constante na norma americana 3138-01R da *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) de 2004. Essa norma apresenta a peculiaridade de diferenciar entre espaços confinados simples e espaços confinados com permissão de entrada requerida (*permit required confined space*, PRCE). Os EC simples são definidos como espaços não projetados para a ocupação humana, grandes o suficiente para um trabalhador entrar e realizar uma atividade em seu interior cujos meios de entrada e saída sejam limitados. Já os EC com permissão de entrada requerida são aqueles que, além das características do EC simples, apresentam ou podem apresentar atmosfera perigosa, potencial de engolfamento (condição em que um material particulado sólido possa envolver uma pessoa podendo causar morte por asfixia), risco de asfixia, desabamento, ou outros perigos graves identificados.

As demais normas consultadas não fazem essa distinção, considerando um só tipo de espaço confinado que, em geral, se assemelha à definição de PRCE da norma americana. Esse é o caso da norma NBR 16577:2017 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que define espaço confinado como: qualquer área não projetada para ocupação humana contínua; que apresente meios limitados de entrada e saída ou uma configuração interna que possa causar aprisionamento ou asfixia; e na qual a ventilação é inexistente ou insuficiente para remover contaminantes perigosos ou deficiência/enriquecimento de oxigênio; ou ainda que possa apresentar material que cause engolfamento ou afogamento. A peculiaridade da norma brasileira está na diferenciação entre espaço confinado “perturbado” e “não-perturbado”, que considera a atividade a ser realizada em seu interior. O primeiro tipo é aquele em que a atividade apresenta potencial para alterar as condições internas do ambiente, podendo oferecer perigos adicionais.

A partir do exposto, fica evidente que a definição de EC da norma brasileira apresenta 3 pontos em comum com a norma americana: (i) espaço não projetado para a ocupação humana; (ii) com meios restritos para entrada e saída; e (iii) com possibilidade de riscos graves à saúde dos ocupantes. Além dos 12 estudos que adotam a definição da 3138-01R da OSHA, outros dois autores incluem estes 3

elementos em suas definições, e outros 8 incluem um ou dois destes três elementos. Ou seja, todos os 23 artigos que descrevem espaço confinado apresentam pelo menos uma destas três características, sendo que a maioria deles define EC como a junção das três.

Desta forma, pode-se concluir que a seguinte definição atende a maioria dos estudiosos sobre o tema: Espaços não projetados para a ocupação humana, mas com espaço suficiente para realização de atividades laborais, com meios de entrada e saída limitados e que possa apresentar riscos à saúde e segurança dos ocupantes como material gasoso, particulado ou líquido que possa causar engolfamento, afogamento, desabamento, intoxicação, explosão e/ou asfixia ou em que o trabalho realizado possa gerar riscos adicionais..

3.3.2 Principais fatores de risco em Espaços Confinados

Os fatores atmosféricos são apresentados, pela grande maioria dos autores, como a maior ameaça presente em trabalhos em espaço confinado. Podem ser encontradas atmosferas asfixiantes, tóxicas ou explosivas. Além disso, diversos outros perigos são mencionados, sejam características físicas do espaço, ou provenientes das atividades executadas. A tabela 4 apresenta os fatores de risco apresentados pelos autores consultados.

Tabela 4 - Fatores de risco apontados nos estudos selecionados

Fatores de Risco	Autores (Id conforme tabela 2)
Atmosfera tóxica	[2], [4], [5], [8], [10], [11], [12], [17], [19], [20], [21], [22], [28], [29], [31], [34]
Atmosfera explosiva	[2], [4], [8], [10], [11], [12], [16], [17], [19], [20], [21], [22], [28], [29], [31], [34]
Atmosfera asfixiante	[2], [4], [5], [8], [11], [16], [17], [19], [20], [21], [22], [28], [29], [31], [34]
Queda de altura	[2], [4], [8], [10], [12], [21], [22], [28], [31], [32]
Eletricidade	[2], [8], [12], [16], [17], [21], [22], [31]
Engolfamento	[4], [8], [10], [12], [17], [21], [22], [31]
Substâncias combustíveis	[4], [11], [12], [16], [20], [21], [29]
Temperaturas elevadas	[4], [11], [20], [21], [29], [32]
Queda de objetos	[4], [10], [21], [22], [28], [32]
Aprisionamento	[4], [10], [12], [21], [28]
Ruído	[4], [11], [21], [32]
Afogamento	[10], [17]
Vibração	[11], [32]
Fatores biológicos	[21], [22]
Má ergonomia	[21],
Esmagamento	[28]
Cansaço físico	[32]
Iluminação deficiente	[32]
Picadas e mordidas de animais	[32]

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme pode ser observado na tabela 4, os fatores de riscos mais apontados são relacionados à atmosfera no interior do espaço confinado (asfixiante, tóxica ou explosiva/inflamável), além de riscos de queda, choque elétrico, engolfamento, temperaturas elevadas e aprisionamento.

3.3.3 Principais atores de risco na indústria de petróleo e derivados

A indústria de óleo e gás é uma das que apresentam os trabalhos em espaço confinado mais perigosos (Naghavi et al., 2019) junto com outras indústrias de processo contínuo semelhantes, como a petroquímica. Um estudo realizado no Irã, que analisou 36 acidentes fatais ocorridos neste tipo de indústria, demonstra como é comum a ocorrência de múltiplas mortes e um único acidente (tabela 5).

Tabela 5 - Estatísticas de 36 acidentes em espaço confinado em indústrias de petróleo e derivados

Óleo e Gás - área de atuação da empresa	Nº de acidentes fatais	Número de fatalidades (percentual)	Nº de vítimas fatais (percentual)	Fatalidades por acidente
Extração de Petróleo	11	19 (34,5%)	13 (43,3%)	1,7
Refinarias	10	13 (23,6%)	13 (43,3%)	1,3
Gás	8	13 (23,6%)	3 (10%)	1,6
Petroquímica	7	10 (18,2%)	1 (3,3%)	1,4
Total	36	55	30	1,5

Fonte: Naghavi et al. (2019).

Apenas sete dos 34 artigos selecionados tratam de fatores de riscos presentes especificamente em indústrias de processo. Os fatores, atmosféricos, já apontados como altamente relevantes nos espaços confinados de modo geral, surgem com ainda mais hegemonia no contexto da indústria de petróleo e derivados, sendo graves nas três formas (atmosfera explosivas, tóxicas e asfixiantes). Em relação a estes fatores, destacam-se as presenças frequentes de (i) gases combustíveis; (ii) gases tóxicos, principalmente dissulfeto de hidrogênio (H₂S), além de amônia (NH₃), cloro (Cl₂) e outros e; (iii) gases asfixiantes, principalmente nitrogênio (N₂), utilizados para evitar a formação de atmosferas explosivas na presença de gases combustíveis. Além dos fatores atmosféricos, a utilização de equipamentos elétricos para a realização de tarefas e iluminação dos ambientes é apontada como um fator de risco relevante (iv). Já o engolfamento, presente entre os principais fatores de risco em espaços confinados de modo geral, perde relevância neste setor, não tendo sido mencionado nenhuma vez.

Assim, no que tange aos fatores de risco mais relevantes nos trabalhos em EC em indústrias de petróleo e derivados, os fatores atmosféricos são hegemônicos, sendo comuns as atmosferas asfixiantes, especialmente pela utilização de N₂; tóxicas, com ênfase para o H₂S, e explosivas, pela presença de combustíveis. Choques elétricos também representam um fator de risco frequente nos Espaços Confinados de indústrias de processo.

3.3.4 Normas de segurança para trabalho em espaço confinado

São muitas as normas que tratam de segurança em trabalhos em espaço confinado, já que a maioria dos países apresenta regulações sobre o tema. A norma mais citada é a 29 CFR 1910.146 (*Confined Space Standard*) da *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), tendo sido citada em 17 dos 37 artigos selecionados neste estudo. A tabela 6 oferece as normas citadas nos estudos selecionados em complemento a um levantamento realizado por Botti et al. (2018).

Tabela 6 - Normas de segurança para trabalhos em espaço confinado

País	Norma/Padrão	Campo de intervenção
Canadá	CSA Z1006-10 (2010)	Gerenciamento de trabalhos em Espaço Confinado
	ROHS Div. XXVI (2001)	Regulamento sobre a saúde e segurança ocupacional
Indonésia	Kep. 113 / DJPPK / IX (2006)	Requisitos para trabalho em Espaço Confinado
Itália	TU D.Lgs. 81/2008 (2008)	Regulamento sobre segurança e saúde ocupacional na indústria em geral
	DPR 177/2011 (2011)	Requisitos para trabalho em espaço confinado
Estados Unidos	OSHA 1910.146 (1993)	Definição de espaço confinado na indústria em geral, requisitos segurança para trabalhos em espaços confinados
	OSHA 1926.21(b)(6)(ii) (1987)	Construção. Extensão da definição de espaço confinado, incluindo espaços abertos com mais de 4 pés de profundidade
	OSHA 29 CFR 1926 Subpart AA (2015)	Padrão para trabalhos em espaços confinados em construção
	OSHA 3138-01R (2004)	Ferramenta para orientar a identificação de espaços confinados
	OSHA 3071 (2002)	Requisitos e diretrizes para a análise de riscos do trabalho
	NIOSH 80-106 (1979)	Critérios para trabalhar em espaços confinados e caracterizar as condições atmosféricas das áreas confinadas
	NIOSH 87-113 (1987)	Diretrizes para trabalho seguro em espaço confinado
	ANSI/ISA 92.04.01 Part I-2007 (2007)	Requisitos para instrumentos de medição da concentração de oxigênio do ambiente
	ANSI/ASSE Z117.1-2009 (2009)	Requisitos de segurança para entrada, saída e trabalho em espaços confinados à pressão atmosférica normal
	ASTM D4276-02 (2012)	Medidas de segurança específicas a serem tomadas para entrada em espaços confinados
Reino Unido	HSE (1997)	Requisitos para trabalho seguro em espaço confinado
	HSE (1999)	Exigir e orientar que os empregadores e autônomos identifiquem os perigos presentes em espaços confinados, avaliando os riscos e determinando os cuidados a serem tomados
	HSE (2014)	Código de práticas e orientações para os envolvidos no trabalho em espaços confinados
Suíça	SUVA 01416 (2004)	Diretrizes para trabalho seguro em espaço confinado
	SUVA 44040.i (2010)	Diretrizes e lista de verificação para atividades de manutenção em ambientes fechados
	SUVA CFSL:6806i (2012)	Listas de verificação para inspeção e manutenção em espaços confinados
	SUVA 67103.i (2013)	Lista de verificação para corte, solda e outros trabalhos a quente
Taiwan	OSHFR (2014)	Definição e requisitos de segurança para trabalhos em espaços confinados

Fonte: Elaborado pelos autores complementando o levantamento de Botti et al. (2018)

3.3.5 Medidas atuais de controle e prevenção dos fatores de risco

As medidas de segurança praticadas para a realização de trabalhos em espaço confinado apresentadas pelos autores das obras consultadas estão listadas na tabela 7.

Tabela 7 - Principais medidas de controle dos fatores de risco

Medidas	Autores (Id conforme tabela 2)
Evitar entrada	[2][15]
Ventilação	[2][10][12]
Requisitos para treinamento	[2][7][10][21][22][29]
Utilização de métodos de detecção e gerenciamento de riscos	[2][4][10][14][21][22][25]
Ventilação artificial ou garantia de ventilação natural	[2][10][12][22][29]
Medição das condições atmosféricas (detectores)	[2][10][11][21][22][29][34]
Isolamento das contribuições de energias e contaminantes	[4][10][23][29][34]
Procedimentos de descontaminação	[4][10][12][23][29][34]
Emissão de documento escrito para permissão de trabalho	[4][10][25]
Emprego de vigia (observador)	[7][10][21][22][23]
Planejamento de resgate e atuação em caso de emergência	[7][10][21][22][29]
Divulgação do gerenciamento dos riscos aos trabalhadores	[22]
Medidas administrativas para redução da exposição	[7][22]
Fornecimento de equipamentos de proteção pessoal	[22][34]
Amarração de pessoas e ferramentas em casos de risco de quedas	[22]
Garantia de comunicação efetiva entre executantes e observador	[29]
Emprego de equipamento e ferramentas apropriados e inspecionados	[29]
Equipe de resgate disponível durante a realização das tarefas	[29]

Fonte: Elaborado pelos autores

Pela tabela 6 pode-se perceber que as medidas mais frequentemente mencionadas são: bloqueio das entradas de energias e contaminantes; descontaminação; avaliação da atmosfera no interior do espaço; utilização de técnicas de detecção e gerenciamento de riscos; garantia de ventilação natural ou emprego de ventiladores e/ou sopradores mecânicos; treinamento de pessoal (executantes das tarefas, observadores e equipes de emergência e resgate);

3.3.6 Novas soluções

Apesar da existência de normas, protocolos e diversos esforços na maioria dos países visando a redução de acidentes em espaço confinado, os resultados alcançaram um *plateau* e a indústria necessita de novas soluções para atacar estes velhos problemas para atender a demanda constante por competitividade (Dowd & Daher, 2019). Neste sentido, são apresentadas soluções para todas as fases do processo de intervenção em EC, desde o planejamento das intervenções e o treinamento dos envolvidos, passando pela execução das atividades, até a resposta

a emergenciais que demandem a evacuação ou resgate dos trabalhadores no interior do espaço.

As soluções apresentadas também variam em grau de inovação. Algumas delas confiam na utilização de tecnologias já dominadas e concentram suas atenções na otimização dos processos de identificação, gerenciamento e divulgação dos fatores de risco enquanto outras soluções buscam utilizar tecnologias emergentes para auxiliar na execução das tarefas. Começando pelo primeiro grupo, alguns autores apresentam *frameworks* baseados nas melhores práticas de diferentes protocolos que servem como guia no processo de identificação e gerenciamento dos fatores de risco (Burlet-Vienney et al., 2015a; Landucci et al., 2020). Uma vez realizada a identificação e controle dos fatores de risco, Smith (2014) defende a necessidade de melhorar a difusão das informações sobre os riscos para toda a força de trabalho. Wilson (2013) apresentou um método para calcular o limite máximo de pessoas que deve ser permitido simultaneamente em um mesmo EC, para evitar dificuldades de evacuação e Wang (2015) oferece um método para estimar o tempo necessário para a evacuação.

O resgate de trabalhadores dentro do espaço confinado é uma situação de extrema criticidade, sendo comum que os profissionais de resgate acabem sendo também vitimados, o que faz com que os espaços confinados figurem como uma das maiores causas de múltiplas fatalidades em acidentes de trabalho (Burlet-Vienney et al., 2015a; Selman et al., 2019; M. P. Wilson et al., 2012). Neste sentido, é consenso que a situação de resgate ideal é aquela em que a entrada de pessoal para resgate é dispensada (M. P. Wilson et al., 2012). Já para os casos que a entrada é necessária, Selman (2019) propõe um *framework* com as melhores práticas para planejamento de resgate, enquanto outros autores apostam no aperfeiçoamento da capacitação e treinamento de todo pessoal envolvido nas atividades, especialmente os profissionais de resgate, através da realização de treinamentos mais realistas (Smith et al., 2018). Wilkinson et al. (2012) apresentaram um centro de treinamento portátil, construído em um container, capaz de simular uma variedade de situações de entrada, trabalho, evacuação e resgate em EC. Os treinamentos também podem ser realizados com auxílio de tecnologias emergentes, como o sistema descrito por Di Donato (2020), que utiliza realidade virtual para simular situações de trabalho e resgate.

Soluções tecnológicas podem também ajudar de outras formas, como por exemplo, evitando a necessidade de entrada, que é, pela perspectiva da segurança, indiscutivelmente a melhor estratégia para lidar com espaços confinados. Botti (2017), apresentou uma revisão sobre alternativas neste sentido e Razak (2017) descreve um robô que foi desenvolvido para realizar algumas tarefas simples no lugar dos seres humanos, como inspeção e teste das condições atmosféricas do espaço. Outros autores descrevem sensores que foram desenvolvidos para o monitoramento remoto destes ambientes (Bakar et al., 2016; J. S. Wilson & Shell Development Australia, 2012), podendo inclusive ser utilizados em combinação com o referido robô, apresentando um panorama completo da condição do ambiente, monitorando temperatura, concentração de oxigênio, amônia, H₂S, benzeno e explosividade.

Apesar dos esforços para evitar a entrada, para a capacitação dos envolvidos e para o gerenciamento dos riscos, quando trabalhadores adentram espaços confinados para realizar suas tarefas, ainda estão vulneráveis a possíveis fatores imprevisíveis, não mapeados ou acidentes que podem ter consequências graves. Além disso, a comunicação deficiente com o exterior é uma das maiores barreiras a serem superadas (Dowd & Daher, 2019), de forma que é comum que os trabalhadores no interior do EC se encontrem por conta própria. Para resolver essa dificuldade, e ainda melhorar a identificação dos fatores de riscos, alguns autores apostam na utilização de tecnologias de sensoriamento e comunicação para executar o monitoramento remoto das atividades no interior do espaço confinado (Botti et al., 2016; Dowd & Daher, 2019; Escribano et al., 2011; Hwang et al., 2015; Kiehl et al., 2020; Riaz et al., 2014; J. S. Wilson & Shell Development Australia, 2012). Os sistemas apresentados diferem em termos de tecnologias utilizadas e parâmetros monitorados, mas, em linhas gerais, a ideia é a mesma: aproveitar os avanços na miniaturização dos dispositivos de sensoriamento e comunicação, inclusive utilizando dispositivos vestíveis (*wereables*) (Escribano et al., 2011; Lopez, 2019), para acompanhar em tempo real as alterações no ambiente e no organismo dos executantes das tarefas. O ambiente pode ser monitorado quanto à temperatura (Riaz et al., 2014; J. S. Wilson & Shell Development Australia, 2012) e concentrações de oxigênio (Riaz et al., 2014), gases tóxicos, inflamáveis e explosivos (Botti & Gnoni, 2015; Dowd & Daher, 2019; J. S. Wilson & Shell Development Australia, 2012). Já os trabalhadores podem ter parâmetros acompanhados como temperatura corporal

(Kiehl et al., 2020), oxigenação da corrente sanguínea, taxa de batimentos cardíacos (Kiehl et al., 2020; J. S. Wilson & Shell Development Australia, 2012), localização (Lopez, 2019; J. S. Wilson & Shell Development Australia, 2012) e orientação corporal (Kiehl et al., 2020). Além disso, as atividades podem ser acompanhadas por pessoas no exterior através de dispositivos de transmissão de voz, dados e imagem (Riaz et al., 2014; J. S. Wilson & Shell Development Australia, 2012). Desta forma, a qualidade dos trabalhos pode ser melhorada, além da segurança e agilidade na resposta às emergências. Lopez (2019), Wilson J. (2012) e Escribano (2011) apresentam mecanismos especialmente desenvolvidos para facilitar a comunicação de situações de emergência. O sistema proposto por Dowd (2019) pretende eliminar a necessidade do vigia, realizando até mesmo o controle e acessos e saídas do interior do espaço confinado. A tabela 8 apresenta o resumo das soluções apresentadas.

Tabela 8 - Resumo das soluções apresentadas

SOLUÇÃO	AUTORES
Difusão das informações sobre os riscos	Smith (2014)
Cálculo do máximo de pessoas que devem acessar o EC	Wilson P. (2013)
Treinamento com uso de Realidade Virtual	Di Donato (2020)
Estrutura desmontável para treinamento feito em containers	Wilkinson (2012)
Priorização de resgates sem adentramento e bem planejados	Wilson M. (2012)
Método de gerenciamento de riscos para a atividade	Landucci (2020), Botti (2018), Botti (2015), Burlet-Vienney (2015)
Método para estimar tempo necessário para evacuação do EC	Wang (2015)
Sistemática para organização de resgate	Selman (2019), Wang (2015)
Sistemas de monitoramento remoto	
Funções vitais	Kiehl (2019), Dowd (2020), Lopez (2019), Wilson J. (2012), Escribano (2011)
Sistema remoto de controle de acesso	Dowd (2020)
Monitoramento remoto de gases	Dowd (2020), Botti (2015), Wilson J. (2012)
Oxigênio	Riaz (2014)
Temperatura	Riaz (2014), Wilson J (2012)
Imagem	Wilson J. (2012)
Localização	Lopez (2019), Wilson J. (2012)
Dispositivos vestíveis	Lopez (2019), Escribano (2011)
Dispositivos à prova de explosão	Lopez (2019)
Mecanismo aviso de emergência	Lopez (2019), Wilson J. (2012), Escribano
Tecnologias sem entrada (robôs)	Botti (2017) Razak (2017)
E-nose (sensor tóxicos e explosivos)	Bakar (2016), Wilson J. (2012)

Fonte: Elaborado pelo autor

Em resumo, novas soluções apresentadas em trabalhos recentes incluem iniciativas em diferentes frentes: melhorias nos treinamentos de todos os envolvidos, desde o planejamento das intervenções até a execução dos trabalhos e atuação em caso de emergência; técnicas de gerenciamento de riscos e frameworks para planejamento de atuação em emergência que conciliam as melhores práticas presentes em diferentes normativas internacionais; realização de tarefas sem a

necessidade de entrada de seres humanos em EC; e, aproveitando os recentes avanços em tecnologias de sensoriamento remoto, transmissão de dados e miniaturização de dispositivos, sistemas que se propõe a facilitar o acompanhamento das atividades e o monitoramento das condições do ambiente e dos trabalhadores por pessoas fora do EC.

3.3.7 Desafios e exigências técnicas

A implementação de novas técnicas e estratégias encontra barreiras de diferentes naturezas. Os *frameworks* apresentados na tentativa de consolidar as melhores práticas em gerenciamento de riscos, por exemplo, visam diminuir – embora se reconheça que não eliminam completamente - o fator subjetividade e a influência de vieses durante a aplicação das técnicas (Burlet-Vienney et al., 2015a; Selman et al., 2018). Para isso, a participação de especialistas capacitados no uso das ferramentas se faz necessária (Burlet-Vienney et al., 2015b).

O treinamento do pessoal diretamente envolvido na realização dos trabalhos e das tarefas de monitoramento e resgate também é um desafio. Kletz (2009) afirma que o treinamento inadequado contribui para que os fatores de risco associados ao ambiente e à tarefa se transformem em acidentes. Quando se implementam novas técnicas, ou quando são empregadas tecnologias cuja utilização não seja dominada ou natural por parte dos usuários, surge a necessidade de treinamentos específicos, que é apontada por alguns autores como obstáculo à implementação das novas técnicas (Botti et al., 2018; Burlet-Vienney et al., 2015a; Riaz et al., 2014). Burlet-Vienney et al. (2015a) mencionam ainda a subcontratação de empresas como fator prejudicial neste sentido, porque a rotatividade de pessoal dificulta a consolidação das práticas e o domínio das técnicas.

O custo é outro fator apontado recorrentemente, tanto relacionado ao treinamento de pessoal, como para o investimento nas ferramentas em si. Isso se dá tanto por uma questão cultural, que é a relutância de algumas empresas em investir em segurança por considerar um custo com pouco retorno (Botti et al., 2017; Naghavi et al., 2019; Riaz et al., 2014) como por parte das próprias tecnologias, que podem ter custos não completamente estimados ou mesmo conhecidos mas ainda proibitivos (Botti et al., 2017; Riaz et al., 2014). Por outro lado, Dowd (2020) apresenta argumentos que sugerem que sistemas de monitoramento remoto podem apresentar

retornos econômicos interessantes, especialmente se o sistema puder substituir o papel do vigia, que é uma posição de alta rotatividade, porque, sendo uma posição de entrada de carreira, os trabalhadores tendem a progredir, exigindo o treinamento de novos empregados. Cabe mencionar que a substituição do vigia por sistemas eletrônicos pode encontrar barreiras legais dependendo da norma vigente em cada localidade.

No que diz respeito às barreiras legais, a utilização de tecnologias de monitoramento e transmissão de dados podem enfrentar obstáculos relacionados à privacidade dos dados dos trabalhadores, principalmente quando envolver gravação de imagens ou dados de dados fisiológicos dos funcionários (Lopez, 2019), podendo ser necessário o seu consentimento, ou mesmo ser vetada a coleta destes dados. As questões legais envolvendo a privacidade ainda não foram aprofundadas e essa questão deve ser analisada pontualmente à luz das legislações de cada localidade onde se queira implementar os sistemas propostos.

Mesmo quando o consentimento dos trabalhadores não for requerido, a sua aceitação em relação às ferramentas é fundamental (Lopez, 2019; Riaz et al., 2014). É importante que eles acreditem que a tecnologia tem um papel de melhorar a produtividade e, principalmente, a segurança das tarefas, e que não se trata de uma vigilância que possa prejudicá-los (Lopez, 2019). Neste sentido, para o sucesso da implementação de sistemas de monitoramento remoto, transparência na utilização do sistema e privacidade no manuseio dos dados são requisitos indispensáveis.

Lopez (2019) aponta outros requisitos importantes para estes sistemas: que sejam ergonômicos, o que vem sendo facilitado pela evolução de dispositivos vestíveis (*wereables*), simples em sua utilização, e robustos, considerando que serão utilizados em ambientes agressivos. Em muitos casos é necessário que os equipamentos sejam fabricados à prova de explosão, ou seja, vedados de forma que a energia para o seu funcionamento não se dissipe para o ambiente podendo causar a ignição de gases inflamáveis ou combustíveis que possam estar presentes (Qiuping et al., 2011). Entretanto, além de robustos, de simples utilização e ergonômicos, requisitos de desempenho também são importantes, como alta precisão nas medições (Botti et al., 2016), resposta rápida, ou seja, medir e transferir os dados rapidamente (Botti et al., 2016), e razoável autonomia energética (Escribano et al., 2011). Além de

tudo isso, é indispensável que o sistema escolhido seja bem integrado aos procedimentos e à cultura de trabalho em que será inserido (Lopez, 2019).

Por último, barreiras físicas no interior dos espaços podem atrapalhar a transmissão de dados (Escribano et al., 2011), de forma que a seleção do sistema de transmissão de dados deve levar em conta as características do ambiente. Neste sentido, a transmissão por radiofrequência tem mostrado bom desempenho.

Desta forma, em resposta à questão de quais são principais desafios para a utilização de novas soluções para segurança em EC, pode-se apontar a aceitação dos usuários, a capacitação no uso das novas ferramentas, a disposição das empresas para investir recursos na melhoria da segurança de suas atividades e requisitos técnicos e de desempenho dos sistemas. Estes requisitos dependem do ambiente e das atividades a serem realizadas e incluem agilidade na medição e transferência de dados, precisão, ergonomia, simplicidade na operação, robustez e segurança contra explosão.

3.4 CONCLUSÃO

Essa revisão sistemática permitiu identificar um recente aumento no interesse por soluções para segurança em espaços confinados em indústrias de petróleo, gás e derivados. A busca realizada incluiu estudos publicados principalmente na última década, indicando crescente atenção nos últimos anos. Entre os dados extraídos da literatura, as medidas de controle utilizadas foram as mais uniformes, sugerindo que os controles atualmente utilizados são relativamente bem difundidos. Alguns dos estudos selecionados tiveram por objetivo justamente reunir as melhores práticas conhecidas na mesma ferramenta.

No entanto, a principal contribuição desta revisão sistemática foi mapear novas alternativas que vêm surgindo em recentes estudos na área. Essas soluções baseiam-se em tecnologias desenvolvidas ou aprimoradas neste início de século, como a robótica, sensoriamento remoto e transmissão de dados, Internet das Coisas, miniaturização de dispositivos, sensores acoplados às vestimentas e ao corpo e sistemas de TI. Por se tratar de soluções recentes, elas ainda não estão entre as medidas de controle difundidas ou se destinam a aprimorar as práticas já empregadas atualmente. Os avanços também permitiram o desenvolvimento de soluções para treinamento, execução de tarefas sem a participação de seres humanos,

planejamento das atividades, monitoramento remoto e atuação em caso de emergência.

Outra contribuição considerada relevante foi a identificação de desafios para a utilização destas soluções alternativas. Embora sejam bastante promissoras, foram evidenciados desafios de ordem cultural, econômica, normativa e técnica, a serem enfrentados para a consolidação do uso destas novas soluções. É justamente neste ponto que se concentram as tendências de estudos na área, especialmente no que tange às barreiras econômicas e técnicas. Recomenda-se a realização de estudos para analisar a viabilidade econômica e técnica de utilização das soluções apresentadas em atividades específicas. Conforme forem ganhando reconhecimento e consistência, sua adoção poderá vir a ser objeto de estudo para constituir exigência normativa.

É importante salientar que a forte tendência para os próximos anos é o desenvolvimento de soluções robóticas capazes de executar atividades mais complexas dentro dos espaços confinados, para além das atividades de testes e inspeção, que já podem ser feitas por robôs. Esse campo é promissor porque justifica investimentos de maior vulto, já que a realização de atividades sem entrada tem potencial para aumentar substancialmente a segurança e produtividade destas tarefas.

3.5 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR16577:2017. Espaço confinado: Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção. ABNT. São Paulo.
- Bakar, M.A.A.; Abdullah, A.H.; Sa'ad, F.S.A.; Shukor, S.A.A.; Mustafa, M.H.; Kamis, M.S.; Razak, A.A.A.; Saad, S.A., 2016. Electronic Nose Sensing Chamber Design for Confined Space Atmospheric Monitoring. DOI: 10.1063/1.4965179.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego – NORMA REGULAMENTADORA Nº 33: SEGURANÇA E SAÚDE NOS TRABALHOS EM ESPAÇOS CONFINADOS. <https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-33.pdf/view>. Acesso em 10/06/2021.
- Botti, L.; Bragatto, P.A.; Duraccio, V.; Gnoni, M.G.; Mora, C., 2016. Adopting IOT Technologies to Control Risks in Confined Space: a Multi-criteria Decision Tool. DOI: 10.3303/CET1653022.
- Botti, L.; Duraccio, V.; Gnoni, M.G.; Mora, C., 2015. A framework for preventing and managing risks in confined spaces through IOT Technologies. DOI: 10.1201/b19094-423.
- Botti, L.; Duraccio, V.; Grazia Gnoni, M.; Mora, C., 2018. An integrated holistic approach to health and safety in confined spaces. DOI: 10.1016/j.jlp.2018.05.013.
- Botti, L.; Ferrari, E.; Mora, C., 2017a. A Methodology for the Identification of Confined Spaces in Industry. DOI: 10.1007/978-3-319-57078-5.
- Botti, L.; Mora, C.; Ferrari, E. 2017b. Automated entry technologies for confined space work activities: A survey. DOI: 10.1080/15459624.2016.1250003.
- Boulefaa, W.; Autret, T.; Benchekroun, T.H. Mobiliser les arbitrages organisationnels pour prévenir les risques professionnels dans les espaces confinés: le cas des chantiers de réfection de canalisation en égouts. *Psychologie du Travail et des Organisations*, Volume 26, Issue 1, 2020, Pages 19-44. <https://doi.org/10.1016/j.pto.2020.01.010>.
- Burlet-Vienney, D., Chinniah, Y., Bahloul, A., 2014. The need for a comprehensive approach to managing confined space entry: summary of the literature and

- recommendations for next steps. *J. Occup. Environ. Hyg.* 11 (8), 485–498. <https://doi.org/10.1080/15459624.2013.877589>.
- Burlet-Vienney, D.; Chinniah, Y.; Bahloul, A.; Roberge, B., 2015a. Occupational safety during interventions in confined spaces. DOI: 10.1016/j.ssci.2015.05.003.
- Burlet-Vienney, D.; Chinniah, Y.; Bahloul, A.; Roberge, B., 2015b. Design and application of a 5 step risk assessment tool for confined space entries. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.07.022>.
- Burlet-Vienney, D.; Chinniah, Y.; Bahloul, A.; Roberge, B., 2016. Risk analysis for confined space entries: critical analysis of four tools applied to three risk scenarios. DOI: 10.1080/15459624.2016.1143949.
- Canadian Standards Association, 2016. Management of Work in Confined Spaces. Second ed., vol. Z1006-16. CSA Group, Toronto, Canada.
- Chiu, C.C.; Chang, Y.M.; Wan, T.J. 2020. Characteristic Analysis of Occupational Confined Space Accidents in Taiwan and Its Prevention Strategy. doi: 10.3390/ijerph17051752
- Lopez, J.M. Remote Monitoring for Safety of Workers in Industrial Plants: Learned Lessons Beyond Technical Issues. Pages 301-310. Academic Press. 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813189-3.00015-0>.
- Di Donato, L.; Longo, F.; Ferraro, A.; Pirozzi, M., 2020. An advanced solutions for operators' training working in confined and/or pollution suspected space. *Procedia Manufacturing*, Volume 42. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.02.080.
- Dowd, D.; Daher, E., 2019. Redefining Confined Space Safety: A Case Study. Society of Petroleum Engineers. DOI:10.2118/195399-MS.
- Escribano, J.G.; García, A.; de la Fuente, M., 2011. Monitorización de la Condición Física de Personas en Espacios Confinados Mediante Etiquetas RFID con Sensores y Redes Inalámbricas Eficientes. DOI: 10.1016/j.riai.2011.09.004.
- Fithri, P.; Wirdianto, E.; and Asri, Y. 2020. Risk Assesment in Confined Space of The Ship Repair at PT Bandar Abadi Ship Builders and Dry-Docks. <https://doi.org/10.1063/5.0001026>.

- Hwang, J.J.; Wu, C.H.; Zhuang, Z.Y.; Hsu, Y.C., 2015. Safety management for polluted confined space with IT system: a running case. DOI: 10.1080/10803548.2015.1029291.
- Kiehl, Z.; Durkee, K. T.; Halverson, K.C.; Christensen, J.C.; Hellstern, G.F., 2019. Transforming work through human sensing: a confined space monitoring application. Structural Health Monitoring. DOI: 10.1177/1475921719840994.
- Kletz, T.A., 2009. What Went Wrong? Case Histories of Process Plant Disasters and How They Could Have Been Avoided, fifth ed. Elsevier, Burlington, Massachusetts, US. DOI: 10.1016/B978-1-85617-531-9.00024-X.
- Landucci, G.; Ricciardi, L.; Rossi, L.; Ovidi, F.; Di Donato, L., 2020. Quantitative Methodology to Support the Hazard Assessment of Confined Space Operations in the Process Industry. DOI: 10.3303/CET2082001.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G., 2009. Reprint preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. Phys. Ther. 89, 873e880.
- Naghavi K., Z.; Mortazavi, S.B.; Asilian M., H.; Hajizadeh, E., 2019. Exploring the Contributory Factors of Confined Space Accidents Using Accident Investigation Reports and Semistructured Interviews. DOI: 10.1016/j.shaw.2019.06.007.
- Qiuping, W.; Shunbing, Z.; Chunquan, D., 2011. Study on key technologies of Internet of Things perceiving mine. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.11.2442.
- Razak, A.A.A.; Abdullah, A.H.; Kamarudin, K.; Bakar, M.A.A.; Salih, J.E.M.; Ilias, B.; Shukor, S.A.A.; Sa'ad, F.S.A.; Mustafa, M.H., 2017. Development of Mobile Robot in Confined Space Application. DOI: 10.1109/CSPA.2017.8064949.
- Riaz, Z.; Arslan, M.; Kiani, A.K.; Azhar, S., 2014. CoSMoS: A BIM and wireless sensor based integrated solution for worker safety in confined spaces. DOI: 10.1016/j.autcon.2014.05.010.
- Selman, J.; Spickett, J.; Jansz, J.; Mullins, B., 2019. Confined space rescue: A proposed procedure to reduce the risks. Safety Science, Volume 113. Pages 78-90. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.11.017>.
- Selman J, Spickett J, Jansz J, Mullins B., 2018. An investigation into the rate and

- mechanism of incident of work-related confined space fatalities. *Saf Sci* 2018;109:333e43. DOI: 10.1016/j.ssci.2018.06.014.
- Smith, M., Ceni, A., Milic-Frayling, N., Shneiderman, B., Mendes Rodrigues, E., Leskovec, J., Dunne, C., 2010. NodeXL: a free and open network overview, discovery and exploration add-in for Excel 2007/2010/2013/2016. <http://nodexl.codeplex.com> from the Social Media Research Foundation. <http://www.smrfoundation.org>.
- Smith, P.A.; Lockhart, B.; Besser, B.W.; Michalski, M.A.R., 2014. Exposure of Unsuspecting Workers to Deadly Atmospheres in Below-ground Confined Spaces and Investigation of Related Whole-Air Sample Composition Using Adsorption Gas Chromatography. DOI: 10.1080/15459624.2014.922687.
- Smith, T.D.; Herron, R.; Le, A.; Wilson, J.K.; Marion, J.; Vicenzi, D.A, 2018. Assessment of confined space entry and rescue training for aircraft rescue and fire fighting (ARFF) members in the United States. DOI: 10.1016/j.jsr.2018.09.014.
- Wang, Z.; Wilson, P.; Wang, Q., 2015. Evacuation Simulation of Confined Spaces in Petrochemical Facilities. <https://doi.org/10.1002/prs.11792>.
- Wilson, J.S., 2012. Remote Real-Time Industrial Hygiene Monitoring. <https://doi.org/10.2118/156612-MS>.
- Wilson, M.P.; Madison, H.N.; Healy, S.B., 2012. Confined space emergency response: Assessing employer and fire department practices. DOI: 10.1080/15459624.2011.646644.
- Wilson, P.; Wang, Q., 2013. Development of a Protocol for Determining Confined Space Occupant Load. DOI: 10.1002/prs.11619.
- Wilkinson, T.; Burns, K.; Simpson, A.; Walker, K.; Hunter, M., 2012. Improving the Control of Confined-Space Entry Through the Implementation of an Operational Standard and Competence-Based Training. <https://doi.org/10.2118/157551-MS>.

4. ARTIGO 3 - SELEÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE DE FATORES DE RISCO PARA TRABALHOS EM ESPAÇO CONFINADO NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E DERIVADOS

RESUMO

Apesar da existência de regulações que orientam e exigem medidas de segurança, trabalhos em Espaços Confinados ainda apresentam taxas consideráveis de acidentes e mortes, mesmo quando as medidas são atendidas. Estudos anteriores mapearam os fatores de risco e medidas de controle empregadas nos trabalhos em espaços confinados na indústria de petróleo em campo, através do método de diagnóstico preliminar de riscos, bem como na literatura, através de revisão sistemática de literatura, identificando-se, além de medidas consolidadas, novas alternativas que surgiram nos últimos anos. Com base na orientação do protocolo SOBANE de buscar auxílio especializado, depois de esgotados os recursos e expertise disponíveis no local de trabalho, explorados no diagnóstico preliminar de riscos, este estudo consulta profissionais com experiência em segurança em trabalhos em espaço confinado para determinar as medidas de controle apropriadas para os principais fatores de risco neste setor. Para isso, o estudo contou com a participação de nove profissionais, entre técnicos de segurança do trabalho, engenheiros de segurança do trabalho e ergonomistas, que elegeram, a partir dos levantamentos de campo e literatura e da própria experiência, através de uma técnica mista do método Delphi e AHP, os principais fatores de risco presentes nos espaços confinados neste setor e as medidas de controle mais adequadas para cada um deles. O resultado foi a criação de um guia com os principais fatores e medidas a serem considerados, com destaque para os fatores atmosféricos, cujas medidas de controle se baseiam na descontaminação, e bloqueio de energias, ventilação do ambiente e monitoramento da composição da atmosfera.

Palavras-chave: Espaços Confinados; Segurança do Trabalho; Indústria petroquímica; Refinarias; Monitoramento Remoto; Óleo e gás.

ABSTRACT

Despite the existence of regulations that guide and require safety measures, work in Confined Spaces still presents considerable rates of accidents and deaths, even when the control safeguards are met. Previous studies have mapped the risk factors and control measures used in confined space work in the oil industry, in a field study, through the preliminary risk diagnosis method, and in the literature, through a systematic review, which presented, in addition, of consolidated measures, new alternatives that have been emerging in recent years. Based on the SOBANE protocol's prescription to seek specialized help after exhausting the resources and expertise available in the workplace, explored in the preliminary risk diagnosis, this study consults professionals with experience in safety in confined space work to determine measures of appropriate controls for the main risk factors in this sector. For this, the study had the participation of nine professionals, including occupational safety technicians, occupational safety engineers and ergonomists, who chose, from the field and the literature surveys besides their own experience, through a mixed technique of Delphi and AHP method, the main risk factors present in confined spaces in this sector and the most appropriate control measures for each one of them. The result was the creation of a guide with the main factors and measures to be considered with emphasis on atmospheric factors, whose control measures are based on decontamination, and isolation of energies, ventilation and monitoring of the composition of the atmosphere.

Keywords: *Confined Spaces; Occupational Safety, Petrochemical Industry, Refineries; Remote Monitoring, Oil and gas.*

4.1 INTRODUÇÃO

Espaços Confinados são ambientes em cujo interior um trabalhador consegue entrar, fisicamente, para realizar atividades laborais, mas que possuem meios restritos de acesso e saída e podem apresentar riscos à sua saúde e segurança (BURLET-VIENNEY et al., 2015). Esses ambientes precisam ser acessados para a execução de atividades de manutenção e produção na agricultura, em diversas áreas da indústria e até mesmo em atividades domésticas como limpeza de poços e caixas d'água. Uma vez que a definição é ampla, abrange uma grande variedade de ambientes, por isso, cada situação de trabalho em Espaço Confinado (EC) precisa ser avaliada especificamente quanto a seus fatores de risco e prevenção antes de ser iniciada. Alguns setores, entretanto, apresentam cenários semelhantes, de forma que se faz conveniente a utilização de ferramentas que orientem essa análise de forma a garantir a atenção a fatores usuais nestes cenários.

A indústria de petróleo, gás e derivados é uma das mais perigosas quando se trata de Espaços Confinados (NAGHAVI et al., 2019). É comum neste setor a necessidade de manutenção no interior de equipamentos. Nesses casos, uma série de medidas costumam ser adotadas para garantir a segurança dos executantes das tarefas. De acordo com o levantamento realizado na literatura, as principais medidas são o bloqueio das entradas de energias e contaminantes; esgotamento e descontaminação dos ambientes; avaliação da atmosfera em seu interior; utilização de técnicas de detecção e gerenciamento de fatores de risco; garantia de ventilação natural ou emprego de ventiladores e/ou sopradores mecânicos; e treinamento do pessoal envolvido, executantes, observadores e equipes de emergência e resgate (2021).

Apesar da existência de normas, protocolos e diversos esforços na maioria dos países visando a redução de acidentes em Espaço Confinado, os resultados alcançaram um *plateau* e a indústria necessita de novas soluções para atender a demanda constante por competitividade (DOWD e DAHER, 2019).

Um trabalho de diagnóstico preliminar foi realizado em 20 situações de trabalho em refinaria de petróleo e planta petroquímica, utilizando o técnica do diagnóstico preliminar de riscos (Deparis), indicado pelo protocolo SOBANE, descrito por Malchaire (2004). Deste trabalho, os espaços de trabalho, a organização das tarefas e comunicação entre os participantes e os fatores de risco químicos e biológicos,

resultaram como principais pontos a serem melhorados. Outro estudo elencou os fatores de risco e medidas de controle em trabalhos em espaço confinado na indústria de petróleo e derivados, através de uma revisão sistemática de literatura, além de mapear soluções que têm surgido nos últimos anos para incrementar a segurança nestas atividades.

Seguindo a recomendação do protocolo SOBANE, o presente estudo teve como objetivo apontar as medidas de controle apropriadas para os principais fatores de risco presentes no setor das atividades em espaço confinado na indústria de petróleo, recorrendo a ergonomistas e especialistas em segurança na área. Para isso, utilizou-se uma técnica mista que contou com os métodos Delphi e *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que permitiram selecionar, entre os fatores de risco identificados no Deparis e na literatura, os mais relevantes nesta indústria. Desta forma, podendo apontar, entre as medidas de controle conhecidas e as soluções encontradas na literatura, as opções mais apropriadas para lidar com eles.

O presente artigo está organizado em quatro seções, além dessa introdução. A seção 4.2 apresenta uma fundamentação teórica sobre espaços confinados na indústria de petróleo e derivados e sobre os métodos empregados neste estudo. A seção 4.3 apresenta a metodologia empregada e a seção 4.4 apresenta os resultados obtidos e análise. Por fim, a seção 4.5 apresenta as conclusões do estudo e oferece sugestões para trabalhos futuros.

4.2 REFERENCIAL TEÓRICO

O aporte teórico foi desenvolvido a partir de temas centrais para o entendimento do problema e da abordagem adotada. Primeiramente são apresentados os principais fatores de risco encontrados nos trabalhos em espaço confinado na indústria de petróleo e derivados e soluções desenvolvidas para diminuir os riscos associados a estes fatores. Em seguida, são trazidas questões teóricas referentes ao protocolo que guiou a investigação realizada, o protocolo SOBANE. Por último são apresentadas as teorias envolvendo os métodos de decisão utilizados, o Delphi e o AHP.

4.2.1 Principais fatores de risco em indústrias de processo

Os fatores de risco encontrados em indústrias de processo relacionadas com o setor de óleo e gás, podem ser encontrados em Naghavi et al. (2019). O estudo incluiu 36 acidentes com fatalidades, abrangendo operações extração, refino, distribuição de derivados e petroquímica (Tabela 9). É possível identificar que a atmosfera no interior

do Espaço Confinado é a maior ameaça à saúde e segurança dos ocupantes, pois é responsável por mais de 82% das mortes e 89% das lesões. Além disso, apresenta uma média de 1,5 fatalidades por acidente (NAGHAVI et al., 2019). Isto expressa o perigo envolvido nas atividades de resgate, tendo em vista a alta frequência de ocorrências em que os prestadores de resgate acabam sendo vitimados junto com os primeiros acidentados (BURLET-VIENNEY et al., 2015a; SELMAN et al., 2019; WILSON et al., 2012).

Tabela 9 - Causas de mortes em Espaço Confinado no setor de óleo e gás

Fatores de risco causadores das ocorrências	Prevalência de mortes	Prevalência de lesões
Exposição por H ₂ S e N ₂ e falta de oxigênio dentro do EC	70,9%	53,3%
Explosão	12,7%	10,0%
Envenenamento por H ₂ S fora do EC	10,9%	36,7%
Choque elétrico	5,5%	0,0%

Fonte: Naghavi et al. (2019)

A ocorrência de atmosferas perigosas se deve à presença frequente de gases combustíveis (BOTTI et al., 2016; BURLET-VIENNEY et al., 2015b; HWANG et al., 2015), gases tóxicos, principalmente dissulfeto de hidrogênio (H₂S) (BOTTI et al., 2018; BURLET-VIENNEY et al., 2015b; CHIU et al., 2020); Além destes, pode-se citar amônia (NH₃) (BOTTI et al., 2018), cloro (Cl₂) (BOTTI et al., 2018); E ainda, a falta de oxigênio ou presença de gases asfixiantes, principalmente nitrogênio (N₂) (BOTTI et al., 2018; HWANG et al., 2015), que são frequentemente utilizados para evitar a formação de atmosferas explosivas na presença de gases combustíveis. Além dos fatores atmosféricos, a ocorrência de choques elétricos é apontada como um fator de risco relevante (BOTTI et al., 2016; HWANG et al., 2015). A possibilidade de choques elétricos existe devido à utilização de equipamentos elétricos para a realização de tarefas e iluminação dos ambientes.

Há décadas, sistemáticas e regulamentações vêm sendo desenvolvidas para a prevenção e mitigação dos riscos envolvidos em atividades em ambientes confinados. No entanto, para Dowd e Daher (2019) e Di Donato (2020), essas sistemáticas e regulamentações têm se baseado em medidas e avaliações anteriores ao início das atividades no interior do espaço, com registros e controles feitos por anotação em papel por trabalhadores que permanecem do lado de fora do EC. Apesar destes esforços, segundo Selman (2018), ainda ocorrem dezenas de mortes anualmente em

Espaços Confinados, mesmo em países com medidas de controle consolidadas. Dowd e Daher (2019) defendem que os resultados estagnaram e ainda não são satisfatórios, de forma que a indústria necessita urgentemente de novas soluções.

Alguns fatores contribuem para que os fatores de risco se concretizem em acidentes: a ausência ou o não cumprimento de procedimentos de entrada (KLETZ, 2009); a falta de treinamento ou o treinamento inadequado dos executantes da tarefa ou resgatistas (DI DONATO et al., 2020); a não realização de avaliação da atmosfera do espaço antes da entrada, ou durante a execução da atividade (BURLET-VIENNEY et al., 2014); o mal planejamento do resgate (SELMAN et al., 2019); e ainda a dificuldade de comunicação ou acesso às informações do interior do espaço durante a realização da atividade (DOWD e DAHER, 2019). A revisão sistemática de literatura realizada previamente apontou alternativas publicadas ao longo da última década de sistemas que utilizam tecnologias de comunicação remota e monitoramento eletrônico, sensoriamento, realidade virtual e aumentada, entre outros, para solucionar estes problemas.

4.2.2 Novas soluções e requisitos técnicos

Antes de dedicar esforços para aumentar a segurança dos seres humanos no interior dos Espaços Confinados, é conveniente avaliar alternativas de execução das tarefas sem a necessidade de entrada, evitando expô-los a esta condição de risco. Botti et al. (2017), pesquisaram soluções automatizadas e encontraram alternativas que podem substituir atividades manuais em atividades como limpeza, inspeção, realização de ensaios e testes atmosféricos. Os sistemas apresentados possuem capacidades limitadas, além disso, os custos ainda são obstáculos, chegando a ser proibitivos, em alguns casos. Razak (2017) propôs uma alternativa que consiste em um robô capaz de realizar algumas dessas tarefas e que promete estar disponível a valores acessíveis.

Nos casos em que não haja alternativas viáveis à entrada, surgiram sistemas que podem contribuir no controle de acesso, treinamento dos envolvidos, monitoramento das condições do ambiente e dos trabalhadores e facilitar a comunicação com o pessoal externo (Botti et al., 2017). Algumas alternativas até se propõem a substituir a pessoa que fica na entrada do espaço (vigia) observando e controlando o acesso ao interior do espaço (Dowd e Daher, 2019).

Para auxiliar no treinamento de pessoal, Wilkinson (2012) apresentou um centro de treinamento portátil, construído em um container, capaz de simular uma variedade de situações de entrada, trabalho, evacuação e resgate em EC. Outra proposta para a realização de treinamento foi oferecida por Di Donato (2020), empregando realidade virtual para simular as situações reais.

Mesmo para profissionais bem treinados, a comunicação entre interior do EC com o exterior ainda é uma barreira a ser superada (DOWD e DAHER, 2019), em muitos casos, eles acabam ficando praticamente sem contato. Essa dificuldade pode ser resolvida com o uso de tecnologias de sensoriamento e comunicação digital, que possibilitam o monitoramento remoto das atividades no interior do Espaço Confinado (BOTTI et al., 2016; DOWD e DAHER, 2019; ESCRIBANO et al., 2011; HWANG et al., 2015; KIEHL et al., 2020; RIAZ et al., 2014; J S WILSON, 2012). Os sistemas de monitoramento remoto existentes diferem em termos das tecnologias utilizadas e parâmetros monitorados, porém, o princípio é o mesmo: aproveitar os avanços na miniaturização dos dispositivos de sensoriamento e comunicação, inclusive utilizando dispositivos vestíveis (*wearables*) (ESCRIBANO et al., 2011; LOPEZ, 2019), para acompanhar em tempo real as alterações no ambiente e nas condições físicas dos executantes. No ambiente é possível monitorar parâmetros como temperatura (RIAZ et al., 2014; J S WILSON, 2012) e concentrações de oxigênio (RIAZ et al., 2014), gases tóxicos, inflamáveis e explosivos (BOTTI e GNONI, 2015; DOWD e DAHER, 2019; J S WILSON, 2012). Já os trabalhadores podem ter parâmetros monitorados como temperatura corporal (KIEHL et al., 2020), oxigenação da corrente sanguínea e frequência cardíaca (KIEHL et al., 2020; J S WILSON e SHELL DEVELOPMENT AUSTRALIA, 2012), localização (LOPEZ, 2019; J S WILSON, 2012) e orientação corporal (KIEHL et al., 2020). A transmissão das informações para pessoas fora do espaço confinado permite o acompanhamento das atividades, possibilitando o acompanhamento por especialistas, fornecimento de orientações sobre as atividades e resposta mais rápida em caso de ocorrência de anormalidades. (RIAZ et al., 2014; J S WILSON, 2012). Cabero Lopez (2019), Wilson J. (2012) e Escrivano (2011) apresentaram mecanismos desenvolvidos especificamente para comunicar a ocorrência de situações anormais e de emergências. Já o sistema proposto por Dowd (2019) pretende eliminar a necessidade do vigia, realizando até mesmo o controle e acessos e saídas do interior do Espaço Confinado.

De acordo com Lopez (2019), os sistemas de monitoramento remoto precisam atender a requisitos técnicos importantes: precisam ser ergonômicos, o que vem sendo facilitado pela evolução de dispositivos vestíveis; simples em sua utilização; e robustos, considerando que serão utilizados em ambientes inóspitos. Nos casos em que possa ocorrer a presença de gases inflamáveis, é necessário que os equipamentos sejam fabricados à prova de explosão, ou seja, vedados de forma que a energia para o seu funcionamento não se dissipe para o ambiente podendo causar a ignição de gases, evitando a ocorrência de explosão (QIUPING et al., 2011). Além de robustos, simples de utilizar e ergonômicos, requisitos de desempenho também são importantes: precisão das medições (BOTTI et al., 2016), resposta rápida, ou seja, medir e transferir os dados rapidamente (BOTTI et al., 2016), e razoável autonomia energética (ESCRIBANO et al., 2011). Além de tudo isso, é indispensável que o sistema escolhido seja bem integrado aos procedimentos e à cultura de trabalho em que será inserido (LOPEZ, 2019).

4.2.3 O Método Delphi

É comum a utilização de especialistas em sessões de *brainstorming* e grupos de trabalho com o objetivo de obter um parecer coletivo, encontrar uma solução para um problema ou obter uma estimativa sobre algum dado de interesse. Uma desvantagem dessa abordagem é que a opinião do grupo pode ser influenciada por fatores psicológicos, como a presença de uma personalidade dominante ou persuasiva, a tendência dos indivíduos a querer obter a aprovação do grupo, a formação de blocos de opinião e a relutância em mudar uma opinião expressa publicamente. O método Delphi visa agregar as opiniões de especialistas eliminando estes fatores com vistas a encontrar um consenso através de consultas iterativas com *feedback* controlado (ROWE e WRIGHT, 1999).

O Delphi substitui o encontro direto e o debate por um programa ordenado e cuidadosamente planejado de consultas individuais realizadas em sequência, geralmente conduzidas por questionários. Os entrevistados são solicitados a fornecer razões para suas opiniões e elas são submetidas à avaliação e às críticas dos demais sem que eles se encontrem pessoalmente e sequer sejam identificados. O anonimato das opiniões e dos argumentos garante a imparcialidade dos participantes e propicia que se sintam mais à vontade para reavaliar suas posições (BROWN, 1968).

O Delphi é relativamente simples e barato de implementar e tem sido adotado em diversas aplicações nos negócios e em instituições governamentais desde as suas origens na década de 1950. Ele pode ser usado para quase qualquer previsão, estimativa ou problema de tomada de decisão e, se conduzido de maneira adequada, permite capturar o conhecimento e o julgamento dos especialistas garantindo a imparcialidade (GREEN et al., 2007). Além disso, tem sido utilizado em conjunto com o AHP em diversas aplicações como em seleção de tecnologias (TANG et al., 2014), previsão de necessidades estratégicas de negócio (AOUN et al., 2021), estimativa de riscos em planejamento de recursos (HUANG et al., 2004) entre outras.

4.2.4 Analytic Hierarchy Process (AHP)

O AHP é um método de tomada de decisão multicriterial amplamente usado na avaliação de riscos (YILMAZ e OZCAN, 2019). O método matemático criado por Saaty (1980) usa dados quantitativos e/ou qualitativos com base na experiência e intuição dos profissionais consultados (FELICE et al., 2015) e é eficaz devido à sua flexibilidade, simplicidade de cálculo e integração com outras técnicas (SUBRAMANIAN e RAMANATHAN, 2012; VAIDYA e KUMAR, 2006). Por essas razões, o AHP é utilizado uma variedade de áreas como, saúde e segurança ocupacional, logística, agricultura, silvicultura, construção e muitos outros setores (UNVER e ERGENC, 2020).

A força deste método se deve à capacidade de considerar opiniões subjetivas dos tomadores de decisão garantindo a consistência das avaliações realizadas. Se houver inconsistência entre as avaliações fornecidas, por exemplo, “A é melhor que B, B é melhor que C e C é melhor que A” o nível de inconsistência é capturado por uma medida chamada Razão de Consistência (CR). Um valor de CR menor que 0,1 é considerado aceitável. Esse nível de inconsistência é aceito porque os julgamentos humanos não são 100% consistentes e ainda existe a dificuldade metodológica em capturar com precisão a percepção dos participantes. A escala utilizada, que é um fator chave para isso, é mostrada na tabela 2 (SAATY, 2008). A capacidade de identificar julgamentos inconsistentes por meio do cálculo da razão de consistência é considerada um dos pontos fortes do AHP (SUBRAMANIAN e RAMANATHAN, 2012).

Tabela 10 - Escala de Saaty para comparação par a par

Valor	Definição	Explicação
1	Igual importância	Os dois critérios possuem importância equivalente
3	Pouco mais importante	A experiência favorece ligeiramente um dos fatores na comparação
5	Muito mais importante	Um fator é claramente mais importante que o outro
7	Muitíssimo mais importante	Um fator é muito fortemente favorecido em relação ao outro
9	Extremamente mais importante	As evidências favorecendo um fator em relação ao outro são da maior ordem possível
2,4,6,8	Valores intermediários	Também podem ser utilizados

Fonte: Adaptado de Saaty (2008)

Para calcular o CR, antes é necessário calcular o autovalor máximo (λ_{\max}) da matriz de comparação par a par. Este autovalor é definido como a média das razões obtidas a partir da soma ponderada em cada linha e o correspondente peso de respectivo fator comparado. A partir de λ_{\max} e do número de fatores comparados (n), de cujo valor λ_{\max} se aproxima mas apresenta uma diferença que serve como medida da inconsistência das avaliações, calcula-se o Índice de Consistência (*Consistency Index*, CI), como segue (AOUN et al., 2021):

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

E a partir de CI, CR é calculado através de:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Sendo RI, chamado Índice Randômico de Consistência, sendo seu valor pré-definido de acordo com o número de fatores comparados, de acordo com o método publicado por Saaty (1980), conforme mostrado na tabela 11.

Tabela 11 - Valores de RI de acordo com n

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: Saaty (1980)

A descrição detalhada do método AHP pode ser encontrada no livro original de Saaty (1980) e em publicações posteriores sobre o método (SAATY, 2008; SUBRAMANIAN e RAMANATHAN, 2012; VAIDYA e KUMAR, 2006; ZAHEDI, 1986).

4.3 METODOLOGIA

O presente estudo empregou os princípios de *Design Science Research* para desenvolver um método a ser utilizado no campo de estudo específico. Uma vez que, embora se reconheça que os problemas existentes nas organizações costumam ser específicos, dificultando a generalização do conhecimento, as prescrições e artefatos gerados nas pesquisas de *Design Science* podem ser estendidos para atender à classe de problemas para a qual foi desenvolvida (LACERDA et al., 2013). Assim, com vistas a desenvolver um artefato útil de forma geral, empregou-se um método híbrido com a aplicação das técnicas Delphi e AHP para hierarquizar os fatores de risco apontados na literatura e através do diagnóstico preliminar de riscos, definindo os mais relevantes na indústria de petróleo e derivados, além de selecionar as medidas de segurança apropriadas. A técnica foi aplicada com a participação de nove profissionais com experiência em segurança em trabalhos em espaço confinado.

4.3.1 Perfil dos especialistas

Entre os especialistas consultados encontram-se técnicos de segurança do trabalho, engenheiros de segurança do trabalho e ergonomistas. As características dos profissionais consultados são descritas na tabela 4.

Tabela 12 - Perfil dos especialistas consultados

Categoria	Classe			Quantidade	Frequência
Idade	20-29	idade média 39,8 anos	desvio padrão 6,92	0	0,0%
	30-39			5	55,6%
	40-49			3	33,3%
	50-59			1	11,1%
Função	Engenheiro de Segurança do Trabalho			2	22,2%
	Ergonomista			2	22,2%
	Técnico de Segurança do Trabalho			2	22,2%
	Instrutor de Segurança em Espaço Confinado			2	22,2%
	Pesquisador em Segurança do Trabalho			1	11,1%
Nível de Educação	Doutorado			2	22,2%
	Especialização			3	33,3%
	Graduação			3	33,3%
	Técnico			1	11,1%
Anos de experiência	5-10	média 15,1 anos	desvio padrão 7,19	1	11,1%
	11-15			6	66,7%
	16-20			1	11,1%
	21-25			0	0,0%
	26-30			0	0,0%
	31-35			1	11,1%

Fonte: Elaborado pelos autores

4.3.2 Comparação entre os fatores de risco e medidas de controle

O estudo foi realizado três fases: seleção dos principais fatores de risco, seleção das medidas de controle e compilação das recomendações. Cada fase foi realizada em três rodadas com *feedback* controlado, conforme propõe a técnica Delphi, de forma que os especialistas tiveram acesso às contribuições e respostas dos demais, oportunizando que ajustassem suas posições. As duas primeiras fases foram limitadas a três rodadas e a terceira fase, a duas, considerando a percepção da saturação e a convergência dos resultados.

Na primeira rodada da primeira fase, os resultados do estudo de diagnóstico preliminar de riscos e revisão de literatura foram apresentados aos especialistas. Foi solicitado que, através da técnica AHP, ordenassem em termos de importância na indústria de petróleo e derivados, os fatores de risco identificados nestes estudos, tendo a liberdade de adicionar outros que eles julgassem relevantes e de registrar comentários para defender seus pontos de vista. Os resultados da primeira rodada foram computados e devolvidos aos especialistas na segunda rodada, sem identificação dos autores, de forma que pudessem considerar as opiniões dos demais, respondê-las e rever as notas do AHP. Se necessário para o atingimento da convergência sobre os principais fatores, o processo poderia ser repetido em uma terceira rodada, de forma cada um tivesse acesso às opiniões e defesas de opiniões dos demais.

Uma vez selecionados os fatores de risco mais relevantes, teve início a etapa de seleção das medidas de controle. Na primeira rodada, os especialistas foram solicitados a indicar as medidas mais apropriadas para cada fator de risco, entre as medidas indicadas na literatura, tanto as consolidadas como as novas soluções, além de outras que julgassem apropriadas. A técnica Delphi foi empregada em mais duas rodadas para a seleção das medidas de controle mais efetivas para cada fator de risco. As medidas passaram por um processo de priorização com auxílio de uma matriz de seleção semelhante à utilizada por Qazi et al. (2021), comparando as soluções de acordo com a efetividade e viabilidade de implantação atribuídos a cada uma, conforme ilustrado no quadro 1.

A terceira fase consistiu em atribuir as medidas de controle mais indicadas aos respectivos fatores de risco, organizando em um framework, e validar com os profissionais. Nesta etapa, para a qual eram previstas duas rodadas, a concordância de todos foi obtida em apenas uma rodada.

Figura 11 - Matriz de Efetividade x Viabilidade de implementação imediata

Efetividade	Alta	3	6	9
	Média	2	4	6
	Baixa	1	2	3
		Baixa	Média	Alta
		Viabilidade Imediata		

Fonte: Adaptado de Qazi (2021)

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta e discute os resultados das diferentes etapas da consulta com os especialistas, assim como o quadro de reúne as indicações de medidas de controle atribuídas a cada fator de risco. Os resultados da primeira fase, que teve o objetivo de eleger e ranquear os principais fatores de risco no contexto do estudo, são exemplificados na figura 12, que mostra os resultados da consulta com um dos especialistas em duas rodadas.

Figura 12 - Resultados das duas primeiras rodadas com um dos especialistas.

Rodada 1						
Matriz de Comparação						
	Asfixia	Explosão	Choque	Intoxicação	Combustíveis	Comunicação
Asfixia	1,00	5,00	9,00	3,00	7,00	8,00
Explosão	0,20	1,00	5,00	0,33	3,00	2,00
Choque	0,11	0,20	1,00	0,14	0,33	0,50
Intoxicação	0,33	3,00	7,00	1,00	5,00	6,00
Combustíveis	0,14	0,33	3,00	0,20	1,00	2,00
Comunicação	0,13	0,50	2,00	0,17	0,50	1,00
Soma	1,91	10,03	27,00	4,84	16,83	19,50
Matriz normalizada						
	Asfixia	Explosão	Choque	Intoxicação	Combustíveis	Comunicação
Asfixia	0,52	0,50	0,33	0,62	0,42	0,41
Explosão	0,10	0,10	0,19	0,07	0,18	0,10
Choque	0,06	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03
Intoxicação	0,17	0,30	0,26	0,21	0,30	0,31
Combustíveis	0,07	0,03	0,11	0,04	0,06	0,10
Comunicação	0,07	0,05	0,07	0,03	0,03	0,05
Soma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Resultado						
	Autovetor Normalizado		λ_i			
Asfixia	0,47		6,51		λ_{max} 6,26	
Explosão	0,12		6,28		CI 0,05	
Choque	0,03		6,12		CR 4%	
Intoxicação	0,26		6,45			
Combustíveis	0,07		6,05			
Comunicação	0,05		6,15			
Rodada 2						
Matriz de Comparação						
	Asfixia	Explosão	Comunicação	Intoxicação	Resgate	Ergonomia
Asfixia	1,00	3,00	5,00	7,00	9,00	9,00
Explosão	0,33	1,00	3,00	5,00	7,00	7,00
Comunicação	0,20	0,33	1,00	3,00	5,00	5,00
Intoxicação	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	3,00
Resgate	0,11	0,14	0,20	1,00	1,00	3,00
Ergonomia	0,11	0,14	0,20	0,33	0,33	1,00
Soma	1,90	4,82	9,73	17,33	23,33	28,00
Matriz normalizada						
	Asfixia	Explosão	Comunicação	Intoxicação	Resgate	Ergonomia
Asfixia	0,53	0,62	0,51	0,40	0,39	0,32
Explosão	0,18	0,21	0,31	0,29	0,30	0,25
Comunicação	0,11	0,07	0,10	0,17	0,21	0,18
Intoxicação	0,08	0,04	0,03	0,06	0,04	0,11
Resgate	0,06	0,03	0,02	0,06	0,04	0,11
Ergonomia	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01	0,04
Soma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Resultado						
	Autovetor Normalizado		λ_i			
Asfixia	0,46		6,68		λ_{max} 6,36	
Explosão	0,25		6,69		CI 0,07	
Comunicação	0,14		6,47		CR 6%	
Intoxicação	0,06		6,11			
Resgate	0,05		6,02			
Ergonomia	0,03		6,17			

Fonte: Elaborado pelo autor

A convergência entre os profissionais a respeito dos principais fatores de risco foi obtida em duas rodadas, dispensando a necessidade de realização da terceira rodada prevista. Os resultados das duas primeiras rodadas são sumarizados na tabela 13.

Tabela 13 - Resultados das duas primeiras rodadas de seleção

Rodada 1		Rodada 2	
Queda em altura	*46%	Atmosfera Asfixiante	30%
Atmosfera Asfixiante	27%	Atmosfera Tóxica	20%
Controle de acesso	26%	Atmosfera Explosiva	19%
Atmosfera Tóxica	22%	Má Comunicação	15%
Atmosfera Explosiva	20%	Resgate	15%
Resgate	16%	Controle de acesso	10%
Má Ergonomia/Fadiga	14%	Má Ergonomia/Fadiga	7%
Má Comunicação	7%	Presença de combustíveis	0%
Isolamento	7%	Choque Elétrico	0%
Presença de combustíveis	5%	Trabalhos Simultâneos	0%
Trabalhos Simultâneos	4%	Queda em altura	0%
Choque Elétrico	3%	Isolamento	0%
CRmédio: 4,92%		CRmédio: 4,38%	

*Uma única resposta

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise dos resultados desta primeira etapa permitiu identificar os fatores de risco atmosféricos, ou seja, deficiência de oxigênio e presença de substâncias tóxicas e explosivas, como fatores de risco mais críticos. Estes resultados concordam com aqueles encontrados na revisão bibliográfica realizada (ARTIGO 2), bem como com o diagnóstico preliminar de riscos (ARTIGO 1) que apontou os fatores de risco químicos e biológicos. Além dos fatores de risco citados, deficiências na comunicação e a não consideração dos fatores de risco relacionados à ergonomia foram apontadas como fatores importantes, novamente corroborando os achados do diagnóstico preliminar de riscos. Dificuldades relacionadas ao resgate de trabalhadores no interior de espaço confinado foram apontadas como sendo o quinto fator de risco mais grave. Este fator já havia sido identificado na revisão sistemática de literatura (SELMAN, 2019; BURLET-VIENNEY, 2015; WILSON, 2012).

As divergências em relação aos estudos anteriores encontram-se na ausência de choques elétricos entre os principais fatores. Embora este fator de risco tenha sido reconhecido, não foi incluído entre os mais graves. Outra diferença relevante foi que a presença das falhas no controle de acesso foi citada entre os fatores de risco mais

graves. Isso se deve à particularidade deste setor industrial em que, após encerradas as atividades, os equipamentos são fechados e postos em operação, podendo levar à morte de trabalhadores que, eventualmente, tenham permanecido no interior do espaço confinado.

Os resultados da segunda fase da consulta, que consistiu na atribuição das medidas de controle indicadas para cada fator de risco, encontram-se na tabela 14. Nesta etapa os principais fatores de risco apontados na etapa anterior, foram relacionados com as medidas de controle, atribuindo notas em termos da relação Efetividade *versus* Viabilidade Imediata. Desta forma, quanto maior a nota, mais indicada é a aplicação da medida considerando o atual estado da arte de cada alternativa.

Tabela 14 - Resultado da atribuição de medidas preferenciais

Efetividade	Viabilidade Imediata									
	Alta	Média	Baixa	Atmosfera Asfiziante	Atmosfera Tóxica	Atmosfera Explosiva	Má Comunicação	Resgate	Controle de acesso	Má Ergonomia/Fadiga
Alta	3	6	9							
Média	2	4	6							
Baixa	1	2	3							
				8,3	8,0	8,7		6,1	6,4	
Emissão de documento escrito para permissão de trabalho				4,2	4,0	4,2	5,1	2,2	4,2	8,7
Dispositivos vestíveis				8,3	8,3	8,3				
Isolamento das contribuições de energias e contaminantes				8,7	8,7	3,7		3,4		
Fornecimento de equipamentos de proteção pessoal				6,1	6,1	8,3				
Medição das condições atmosféricas (detectores convencionais)				4,6	7,4	7,7				
Procedimentos de descontaminação							5,9	5,9	8,0	
Emprego de vigia para acompanhamento e controle de acesso				4,0	4,0	3,7			3,7	4,3
Tecnologias sem entrada (robôs)				8,3						
Ventilação artificial ou garantia de ventilação natural						8,0				
Dispositivos à prova de explosão										
Sistemas de monitoramento remoto										
Monitoramento remoto de gases (E-nose)					3,3	3,3		2,7		
Funções vitais				2,0			2,1	2,6		
Sistema remoto de controle de acesso									5,4	
Oxigênio				3,3				2,1		
Localização							2,0			
Temperatura										
Imagem										
Treinamento prévio dos envolvidos								6,1		
Planejamento de resgate e atuação em caso de emergência								5,9		
Medidas administrativas para redução da exposição										5,8
Equipe de resgate disponível durante a realização das tarefas								5,4		
Sistema de comunicação remota							5,4			
Mecanismo aviso de emergência								5,2		
Divulgação do gerenciamento dos riscos aos trabalhadores										
Garantia de comunicação efetiva entre executantes e observador										
Método de gerenciamento de riscos para a atividade										
Método para estimar tempo necessário para evacuação do EC										
Sistemática para organização de resgate										

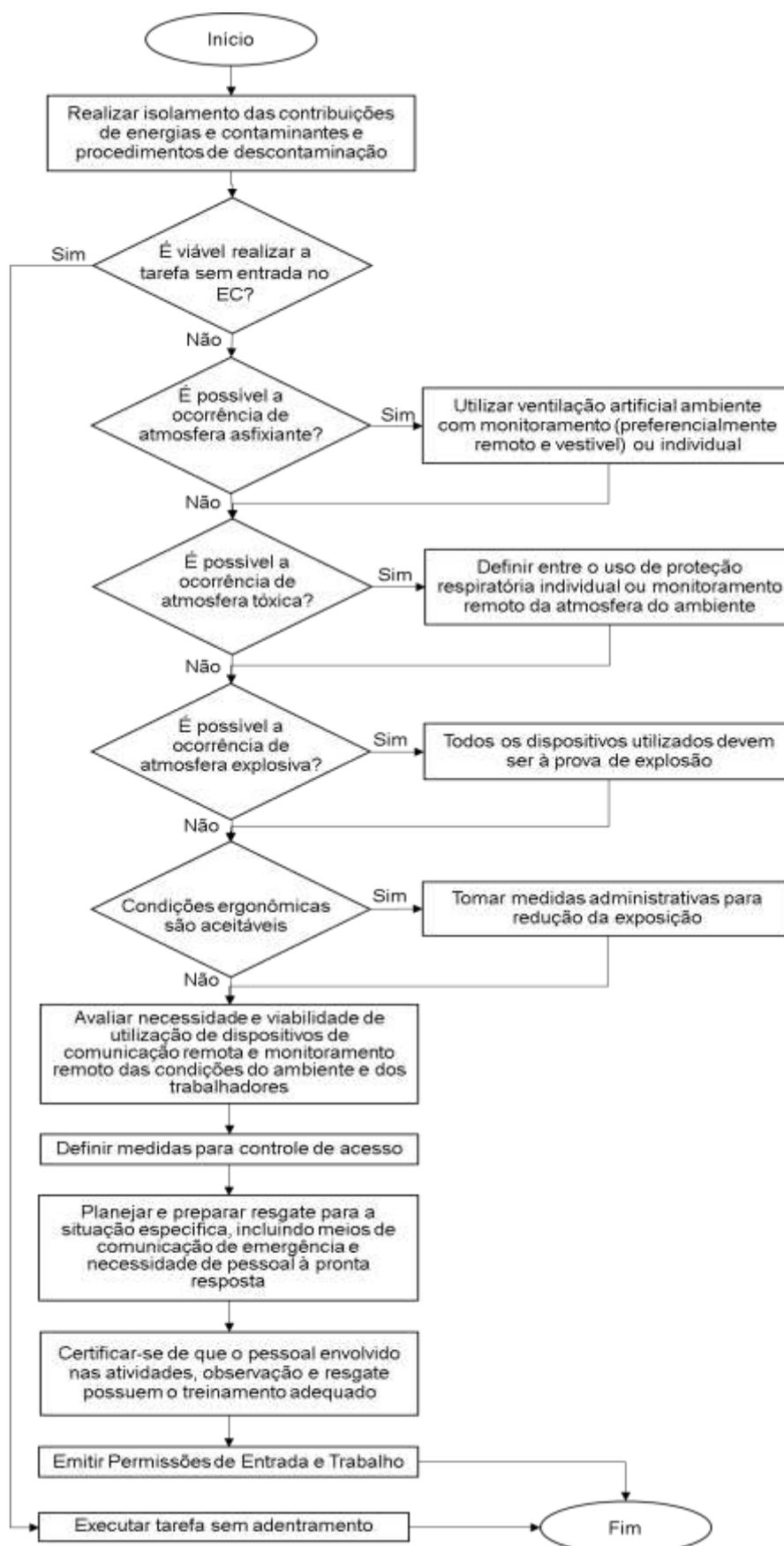
A análise dos resultados desta fase do estudo permite identificar uma tendência à preferência por medidas de controle consolidadas, conforme apontado pelo estudo literário (ARTIGO 2). Isso fica claro quando se observa as medidas que obtiveram as maiores pontuações para cada fator. Para controlar as condições atmosféricas, foram indicados o isolamento das contribuições de energias e contaminantes, descontaminação, sensores de gases e utilização de ventilação artificial. A emissão de documento escrito para permissão de trabalho garante que os trabalhos só sejam iniciados depois de atendidas as condições mínimas exigidas. Para comunicação e controle de acesso, a medida mais indicada foi a utilização do vigia. Para auxiliar em situações de resgate, treinamento, planejamento e equipe à pronta resposta estão entre as medidas mais indicadas. Com relação aos fatores relacionados com a falta de ergonomia, a configuração dos espaços, as medidas administrativas, como revezamento, e o emprego de dispositivos vestíveis, quando possível, foram as principais prescrições. O emprego de dispositivos vestíveis foi altamente recomendado pelos especialistas, concordando com as recomendações de Kiehl (2020) e Lopez (2019). Embora não seja propriamente uma novidade, esta é uma tendência que tem sido favorecida pelos avanços recentes no que se refere à miniaturização de dispositivos, como sensores e ferramentas de comunicação e trabalho (KIEHL et al., 2020).

O otimismo observado na literatura referente às soluções que envolvem tecnologias emergentes não reverberou na mesma intensidade entre os profissionais consultados. Embora reconheçam o valor de algumas soluções e a alta efetividade que elas são capazes de proporcionar, o quesito viabilidade imediata penalizou este tipo de solução. O emprego de robôs para evitar a entrada de trabalhadores e os sistemas de monitoramento remoto foram os maiores exemplos deste fenômeno.

Finalmente, com base nos resultados obtidos e em consonância com os princípios de *Design Science Research*, desenvolveu-se um artefato, apresentado na figura 13, que orienta a verificação sobre a presença dos principais fatores de risco nestes ambientes e indica as medidas de controle apropriadas. Este dispositivo foi desenvolvido através da atribuição das medidas de controle apontadas como mais efetivas e viáveis para cada fator de risco, buscando-se ordenar a verificação dos fatores de risco em uma ordem prática. Depois de construído, o artefato foi submetido à validação com os 9 especialistas, tendo obtido a sua aprovação em apenas uma

rodada, ou seja, dispensando a aplicação do método Delphi. A análise do passo a passo permitiu perceber que só é possível iniciar os trabalhos depois de terem sido avaliadas as possibilidades de ocorrência dos principais fatores de risco identificados neste estudo e tomadas as medidas de controle mais indicadas para cada um.

Figura 13 – Fluxograma de análise à decisão relacionando fatores de risco e medidas de controle



4.5 CONCLUSÃO

Em relação aos principais fatores de risco em espaço confinado na indústria do petróleo, este estudo permitiu confirmar a importância dos fatores de risco atmosféricos entre os mais perigosos, juntamente com as dificuldades de resgate e comunicação. Estes apontamentos estão em alinhamento com estudos anteriores de caráter prático e teórico. A principal diferença em relação à literatura foi a ausência da menção dos choques elétricos entre os principais fatores, tendo estes sido substituídos pelo controle de acesso. Embora este fator tenha sido lembrado, a possibilidade de que algum trabalhador seja esquecido dentro de um equipamento, que será fechado e posto em operação, se mostrou mais relevante na opinião dos profissionais consultados.

Já sobre as medidas de controle indicadas, pode-se concluir que, em linhas gerais, as medidas bem consolidadas como o isolamento das fontes de energia e contaminantes, descontaminação, ventilação artificial e emissão de documento de permissão de entrada e trabalho, foram as mais valorizadas. Essas medidas apresentam boa relação efetividade *versus* viabilidade imediata, em contraste com soluções emergentes, como robôs que evitam a entrada de seres humanos e sistemas de monitoramento remoto. As soluções emergentes, apesar de apresentarem potencial de alta efetividade, são penalizadas por serem consideradas de difícil implantação, porém podem ser identificadas como tendências para futuros avanços neste campo.

Outra tendência de estudos futuros identificada é a utilização de dispositivos vestíveis. Já presente neste tipo de atividade, os *wearables* tendem a ser favorecidos pelos constantes avanços em miniaturização de dispositivos, ajudando a diminuir as dificuldades impostas pela configuração dos ambientes confinados, além de possibilitar a utilização de sensores mais modernos e ajudar a melhorar o monitoramento das atividades.

Por fim, o fluxograma desenvolvido para selecionar as medidas de controle dos fatores de risco é uma ferramenta que se propõe a guiar os profissionais de segurança no planejamento de atividades em espaços confinados. A ferramenta visa garantir que os fatores de risco mais relevantes sejam levados em consideração e sugere as medidas mais indicadas. No entanto, o teste e o aperfeiçoamento desta ferramenta

podem ser objetos de estudos futuros, especialmente no que tange à sua validação pelos aplicadores da avaliação em campo e pelos trabalhadores da linha de frente. Artefatos semelhantes podem ser desenvolvidos para outros setores industriais e outras formas de trabalho.

4.6 REFERÊNCIAS

- Aoun, J., Quaglietta, E., Goverde, R. M. P., Scheidt, M., Blumenfeld, M., Jack, A., & Redfern, B. (2021). A hybrid Delphi-AHP multi-criteria analysis of Moving Block and Virtual Coupling railway signalling. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 129(May). <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103250>
- Botti, L., Bragatto, P. A., Duraccio, V., Grazia, M., & Mora, C. (2016). *Adopting IOT Technologies to Control Risks in Confined Space : a Multi-criteria Decision Tool*. 53, 127–132. <https://doi.org/10.3303/CET1653022>
- Botti, L., Duraccio, V., Gnoni, M. G., & Mora, C. (2018). An integrated holistic approach to health and safety in confined spaces. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 55(January), 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.05.013>
- Botti, L., Ferrari, E., Mora, C., & Nicola, S. S. (2017). *Automated entry technologies for confined space work activities: a survey*. 1–48. <https://doi.org/10.1080/15459624.2016.1250003>
- Botti, L., & Gnoni, M. G. (2015). *A framework for preventing and managing risks in confined spaces through IOT technologies A framework for preventing and managing risks in confined spaces through IOT technologies*. November. <https://doi.org/10.1201/b19094-423>
- Brown, B. B. (1968). *Delphi Process: A Methodology Used for the Elicitation of Opinions of Experts*.
- Burlet-Vienney, D., Chinniah, Y., & Bahloul, A. (2014). *The Need for a Comprehensive Approach to Managing Confined Space Entry : The Need for a Comprehensive Approach to Managing Confined Space Entry : Summary of the Literature and Recommendations for Next Steps*. January 2014. <https://doi.org/10.1080/15459624.2013.877589>
- Burlet-Vienney, D., Chinniah, Y., Bahloul, A., & Roberge, B. (2015a). Design and application of a 5 step risk assessment tool for confined space entries. *SAFETY SCIENCE*, 80, 144–155. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.07.022>
- Burlet-Vienney, D., Chinniah, Y., Bahloul, A., & Roberge, B. (2015b). Occupational safety during interventions in confined spaces. *Safety Science*, 79, 19–28.

<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.05.003>

Chiu, C., Chang, Y., & Wan, T. (2020). *Characteristic Analysis of Occupational Confined Space Accidents in Taiwan and Its Prevention Strategy*. 1–13.

Di Donato, L., Longo, F., Ferraro, A., & Pirozzi, M. (2020). An advanced solutions for operators' training working in confined and /or pollution suspected space. *Procedia Manufacturing*, 42, 254–258. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.080>

Dowd, D., & Daher, E. (2019). *Redefining Confined Space Safety: A Case Study*.

Escribano, J. G., García, A., & De la Fuente, M. (2011). *Monitorización de la Condición Física de Personas en Espacios Confinados Mediante Etiquetas RFID con Sensores y Redes Inalámbricas Eficientes*. 8, 371–384. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2011.09.004>

Felice, F. De, Petrillo, A., & Autorino, C. (2015). *Development of a Framework for Sustainable Outsourcing: Analytic Balanced Scorecard Method (A-BSC)*. 8399–8419. <https://doi.org/10.3390/su7078399>

Green, K. C., Armstrong, J. S., & Graefe, A. (2007). *Methods to Elicit Forecasts from Groups : Delphi and Prediction Markets Compared*. 4663.

Huang, S. M., Chang, I. C., Li, S. H., & Lin, M. T. (2004). Assessing risk in ERP projects: Identify and prioritize the factors. *Industrial Management and Data Systems*, 104(8), 681–688. <https://doi.org/10.1108/02635570410561672>

Hwang, J., Wu, C., Zhuang, Z., & Hsu, Y. (2015). *Safety management for polluted confined space with IT system : a running case*. 3548. <https://doi.org/10.1080/10803548.2015.1029291>

Kiehl, Z. A., Durkee, K. T., Halverson, K. C., Christensen, J. C., & Hellstern, G. F. (2020). *Transforming work through human sensing : a confined space monitoring application*. <https://doi.org/10.1177/1475921719840994>

Kletz, T. (2009). *Entry into Confined Spaces*. 375–389. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-531-9.00024-X>

Lacerda, D. P., Dresch, A., Proença, A., & Antunes Júnior, J. A. V. (2013). Design

- Science Research: A research method to production engineering. *Gestão & Produção*, 20(4), 741–761. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000014>
- Malchaire, J. B. (2004). *The SOBANE risk management strategy and the Déparis method for the participatory screening of the risks*. 443–450. <https://doi.org/10.1007/s00420-004-0524-3>
- Lopez, C. (2019). *Remote Monitoring for Safety of Workers in Industrial Plants: Learned Lessons Beyond Technical Issues*. 301–310. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813189-3.00015-0>
- Naghavi, K. Z., Mortazavi, S. B., M, H. A., & Hajizadeh, E. (2019). Exploring the Contributory Factors of Confined Space Accidents Using Accident Investigation Reports and Semistructured Interviews. *Safety and Health at Work*, 10(3), 305–313. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2019.06.007>
- Qazi, A., Shamayleh, A., El-Sayegh, S., & Formanek, S. (2021). Prioritizing risks in sustainable construction projects using a risk matrix-based Monte Carlo Simulation approach. *Sustainable Cities and Society*, 65(August 2020), 102576. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102576>
- Qiuping, W. E. I., Shunbing, Z. H. U., & Chunquan, D. U. (2011). Study on key technologies of Internet of Things perceiving mine. *Procedia Engineering*, 26, 2326–2333. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2442>
- Riaz, Z., Arslan, M., Kiani, A. K., & Azhar, S. (2014). 8. CoSMoS: A BIM and wireless sensor based integrated solution for worker safety in confined spaces. *Automation in Construction*, 45, 96–106. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.010>
- Rowe, G., & Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: Issues and analysis. *International Journal of Forecasting*, 15(4), 353–375. [https://doi.org/10.1016/s0169-2070\(99\)00019-9](https://doi.org/10.1016/s0169-2070(99)00019-9)
- Saaty, T. L. (2008). Competitive priorities and knowledge management: An empirical investigation of manufacturing companies in UAE. *International Journal of Services Sciences*, 1, 83–98. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2014-0020>
- Sebrae, & Petrobras. (2020). Edital Petrobras-Sebrae 2020-1. Chamada pública de projetos de inovação. Sebrae, Ic.

<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/petrobras-conexoes-para-inovacao,dc7fb8a6a28bb610VgnVCM1000004c00210aRCRD>

- Selman, J., Spickett, J., Jansz, J., & Mullins, B. (2019). 23. Confined space rescue: A proposed procedure to reduce the risks. In *Safety Science* (Vol. 113, pp. 78–90). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.11.017>
- Subramanian, N., & Ramanathan, R. (2012). Int . J . Production Economics A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. *Intern. Journal of Production Economics*, 138(2), 215–241. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.03.036>
- Tang, Y., Sun, H., Yao, Q., & Wang, Y. (2014). The selection of key technologies by the silicon photovoltaic industry based on the Delphi method and AHP (analytic hierarchy process): Case study of China. *Energy*, 75, 474–482. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.08.003>
- Unver, S., & Ergenc, I. (2020). *Safety risk identification and prioritize of forest logging activities using analytic hierarchy process (AHP)*. 1591–1599. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.11.012>
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). *Analytic hierarchy process: An overview of applications*. 169, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Wilson, J S, & Shell Development Australia. (2012). *Remote Real-Time Industrial Hygiene Monitoring*.
- Wilson, Jaemie S. (2012). 14. *Remote Real-Time Industrial Hygiene Monitoring*.
- Wilson, M. P., Madison, H. N., & Healy, S. B. (2012). Confined space emergency response: Assessing employer and fire department practices. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 9(2), 120–128. <https://doi.org/10.1080/15459624.2011.646644>
- Yilmaz, F., & Ozcan, M. S. (2019). *A Risk Analysis and Ranking Application for Lifting Vehicles Used in Construction Sites with Integrated AHP and Fine-Kinney Approach*. 13(3), 152–161.
- Zahedi, F. (1986). The Analytic Hierarchy Process—A Survey of the Method and its Applications. *Interfaces*, 16(4), 96–108. <https://doi.org/10.1287/inte.16.4.96>

5. CONCLUSÃO

Este estudo permitiu identificar os principais fatores de risco envolvidos em espaços confinados na indústria de petróleo e derivados e as medidas de controle atualmente praticadas, além de identificar alternativas que vêm surgindo com potencial para melhorar a segurança nestes ambientes e apontar, entre elas, as que são atualmente mais recomendadas. Para isso, o tema foi abordado através das diferentes perspectivas: da prática do dia a dia dos espaços confinados, do conhecimento teórico sobre o assunto publicado na literatura científica, e de especialistas na área.

Os fatores de risco ligados a contaminações no interior do ambiente por substâncias tóxicas, explosivas ou biologicamente perigosas foram apontados em todos os estudos entre as ameaças mais graves à saúde e à segurança dos trabalhadores, juntamente com fatores ligados à dificuldade de comunicação e resgate. Outro fator que foi considerado de extrema relevância foi o controle de acesso, uma vez que falhas neste processo podem ocasionar fechamento de equipamentos com trabalhadores no interior, levando a fatalidades.

Em relação às medidas de controle, chegou-se à conclusão de que, em linhas gerais, medidas amplamente consolidadas como o isolamento das fontes de energia e contaminantes, descontaminação, ventilação artificial e emissão de documento de permissão de entrada e trabalho, ainda são as mais indicadas, considerando a relação entre a viabilidade de sua aplicação atualmente e a efetividade que oferecem. Por outro lado, foram identificadas novas alternativas que se mostram promissoras, e podem ganhar espaço nos próximos anos, como robôs que evitam a entrada de seres humanos e sistemas de monitoramento remoto. Apesar de, neste estudo, terem sido penalizadas por serem consideradas de difícil implantação pelos especialistas consultados, apresentam potencial de alta efetividade e foram reconhecidas como tendências para futuros avanços neste campo.

Outra tendência de estudos futuros identificada é a utilização de dispositivos vestíveis. Já presente neste tipo de atividade, os *wearables* tendem a ser favorecidos pelos constantes avanços em miniaturização de dispositivos, ajudando a diminuir as dificuldades impostas pela configuração dos ambientes confinados, além de

possibilitar a utilização de sensores mais modernos e ajudar a melhorar o monitoramento das atividades.

5.1 CONTRIBUIÇÕES

Este estudo contribui de diferentes formas para o avanço do conhecimento em segurança em espaço confinado:

- i. Apresenta uma perspectiva dificilmente encontrada em estudo acadêmicos, uma vez que contou com a participação de 43 trabalhadores envolvidos diretamente em atividades em espaço confinado na indústria de petróleo e petroquímica.
- ii. Oferece um panorama geral sobre as medidas de controle que são atualmente empregadas e exigidas pelas normas de segurança, além de novas alternativas que vêm surgindo em estudos recentes, apresentando o estado da arte em termos de medidas de controle dos fatores de risco em espaço confinado neste tipo de indústria.
- iii. Traz um parecer de especialistas na área sobre as fragilidades que ainda são enfrentadas e as medidas de controle mais indicadas para implementação imediata, bem como sobre alternativas que apresentam potencial para aplicação em um futuro próximo.
- iv. Por fim, o fluxograma desenvolvido para selecionar as medidas de controle dos fatores de risco é uma ferramenta que se propõe a guiar os profissionais de segurança no planejamento de atividades em espaços confinados. A ferramenta visa garantir que os fatores de risco mais relevantes sejam levados em consideração e sugere as medidas mais indicadas.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A aplicação do método Deparis se mostrou útil para avaliação dos fatores de risco nas situações analisadas e se mostra uma alternativa interessante para aplicação em situações de trabalho em outros setores industriais e agrícolas. Além disso, a aplicação desta técnica em um estudo de maior escala na própria indústria do petróleo pode trazer resultados que não tenham ficado evidentes neste estudo.

O rápido avanço de tecnologias de informação, especialmente internet das coisas, robótica e miniaturização de dispositivos possibilitou o surgimento de uma

série de soluções inovadoras nos últimos anos, e, como se sabe, o avanço tecnológico é cada vez mais acelerada. Desta forma, apesar do desenvolvimento desta revisão sistemática de literatura que se propôs a apresentar o estado da arte sobre as soluções existentes atualmente, o surgimento de novas soluções deve continuar em ritmo cada vez mais acelerado, exigindo constante atenção aos novos avanços.

Por fim, o artefato apresentado para guiar os profissionais de segurança na identificação dos fatores de risco e na seleção de medidas de controle foi desenvolvido especificamente para os espaços confinados na indústria de petróleo e derivados, e foi desenvolvido como um modelo inicial, o teste e o aperfeiçoamento desta ferramenta podem ser objetos de estudos futuros, especialmente no que tange à sua validação pelos aplicadores da avaliação em campo e pelos trabalhadores da linha de frente. Artefatos semelhantes podem ser desenvolvidos para outros setores industriais e outras formas de trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A., N.. Análise do Trabalho em Espaços Confinados. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.
- BOTTI, L.; BRAGATTO, P.A.; DURACCIO, V.; GNONI, M.G.; MORA, C., 2016. Adopting IOT Technologies to Control Risks in Confined Space: a Multi-criteria Decision Tool. DOI: 10.3303/CET1653022.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 33: Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados. Diário Oficial da União, 26 dez. 2006. Disponível em:
<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_33.pdf>.
Acesso em: 20 nov. 2020.
- BURLET-VIENNEY, D., CHINNIAH, Y., BAHLOUL, A., & ROBERGE, B. (2015b). Occupational safety during interventions in confined spaces. *Safety Science*, 79, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.05.003>
- CARVALHO SILVA, B.. Proposta de método para identificação dos fatores que influenciam a segurança do trabalho em espaços confinados: uma aplicação na indústria química. Universidade de São Paulo. 2015.
- MARTINS, A.. Análise do Trabalho em Espaço Confinado: Descontaminação e Manutenção de Vagão Tanque Ferroviário. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.
- NAGHAVI K., Z.; MORTAZAVI, S.B.; ASILIAN M., H.; HAJIZADEH, E., 2019. Exploring the Contributory Factors of Confined Space Accidents Using Accident Investigation Reports and Semistructured Interviews. DOI: 10.1016/j.shaw.2019.06.007.
- SSELMAN J, SPICKETT J, JANSZ J, MULLINS B.. 2018. An investigation into the rate and mechanism of incident of work-related confined space fatalities. *Saf Sci* 2018;109:333e43. DOI: 10.1016/j.ssci.2018.06.014.
- PINTO, E., J., M. Avaliação de Riscos em Espaços Confinados na Indústria de Óleo e Gás. Universidade Federal do Espírito Santo. 2015.

U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS, disponível em [https://www.bls.gov/iif/oshwc/foi/confined-spaces-2011-18.htm#:~:text=From%202011%20to%202018%2C%201%2C030,high%20of%2016%20in%202017.&text=Confined%20spaces%20are%20based%20on,and%20Health%20Administration%20\(OSHA\)](https://www.bls.gov/iif/oshwc/foi/confined-spaces-2011-18.htm#:~:text=From%202011%20to%202018%2C%201%2C030,high%20of%2016%20in%202017.&text=Confined%20spaces%20are%20based%20on,and%20Health%20Administration%20(OSHA).). Acesso em 02/02/2021.