



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**

**CLÁUDIA CÂNDIDA DE LIMA EUSTÁQUIO**

**ATMOSFERAS PERIGOSAS EM ESPAÇOS CONFINADOS DE CANTEIROS DE  
OBRAS E CONDOMÍNIOS**

Recife, PE  
2024



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**

**CLÁUDIA CÂNDIDA DE LIMA EUSTÁQUIO**

**ATMOSFERAS PERIGOSAS EM ESPAÇOS CONFINADOS DE CANTEIROS DE  
OBRAS E CONDOMÍNIOS**

Trabalho de dissertação submetido ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco - Universidade de Pernambuco – para obtenção do título de Mestre, em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Felipe Mendes da Cruz

Recife, PE

2024

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Universidade de Pernambuco

E91a Eustáquio, Cláudia Cândida de Lima  
Atmosferas perigosas em espaços confinados de canteiros  
de obras e condomínios. / Cláudia Cândida de Lima  
Eustáquio. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2024.

139 f. il.  
Inclui apêndices.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Mendes da Cruz

Dissertação (Mestrado – Construção Civil) Universidade de  
Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2024.

1. Riscos Atmosféricos. 2. Espaços Confinados. 3.  
Canteiros de Obra. 4. Monitoramento de Riscos.  
5. Tecnologia. 6. Condomínios. I. Construção Civil –  
Dissertação. II. Cruz, Felipe Mendes da (orient.). III.  
Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado  
em Construção Civil. IV. Título.

CDD: 690.028

**CLÁUDIA CÂNDIDA DE LIMA EUSTÁQUIO**

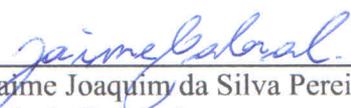
**ATMOSFERAS PERIGOSAS EM ESPAÇOS CONFINADOS DE  
CANTEIROS DE OBRAS E CONDOMÍNIOS**

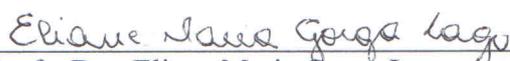
**BANCA EXAMINADORA:**

**Orientador**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Felipe Mendes da Cruz  
Universidade de Pernambuco

**Examinadores**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral  
Universidade de Pernambuco

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Eliane Maria Gorga Lago  
Universidade de Pernambuco

**ATMOSFERAS PERIGOSAS EM ESPAÇOS CONFINADOS DE CANTEIROS DE  
OBRAS E CONDOMÍNIOS**

BANCA EXAMINADORA

**Orientador:**

Trabalho de dissertação submetido ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco - Universidade de Pernambuco – para obtenção do título de Mestre, em Engenharia Civil.

Prof. Dr. Felipe Mendes da Cruz  
Universidade de Pernambuco

**Examinadores**

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

Prof. Dra. Eliane Maria Gorga Lago

Recife, PE

2024

## DEDICATÓRIA

A você Larri, lindo de minha vida, por todos os anos de amor, companheirismo e cumplicidade que tivemos juntos. Saudades eternas (*In Memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que me abençoou com a oportunidade de mais uma existência.

Aos meus pais, pelo amor a nós dedicados e por todos os sacrifícios enfrentados para nos educar.

À minha filha Laísa, alma de minha alma e luz do meu dia.

À minha irmã Cleide e meu sobrinho Samuel, pela alegria de caminharmos sempre juntos.

Ao meu amigo Fred pela entrega constante, pelo apoio, carinho e também pela dedicação a mim e a toda a minha família.

Ao meu orientador, Professor Felipe Mendes, pela parceria, os ricos ensinamentos e pela paciência com que conduziu minha orientação.

A Augusto, pelas orientações e instrumentos de medição a mim confiados.

A todos os professores, que contribuíram para o meu aprendizado e crescimento.

A todos os colegas de sala, que compartilharam muitas experiências comigo.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram com a realização desse sonho.

*“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim”.*

(Chico Xavier)

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo investigar os riscos atmosféricos em espaços confinados nos reservatórios de água de canteiros de obras e condomínios. O foco do estudo é compreender a percepção de tais riscos, identificar as ferramentas de gestão utilizadas, descrever as tecnologias aplicadas para monitorar e controlar os riscos identificados e medir as atmosferas presentes no interior dos reservatórios. A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi utilizada para a construção de uma base teórica sólida, utilizando bases de dados como Science Direct, ACM Digital Library, entre outras. Adicionalmente, foram aplicados três questionários e uma lista de verificação para avaliar a percepção de riscos e a caracterização dos espaços confinados. Um experimento em campo, com sensores de resposta rápida, foi realizado para aferir a presença de gases. Dos estudos preliminares, a gestão e controle dos riscos em espaços confinados foi o foco de 33,3% dos trabalhos, com o uso de tecnologias e o monitoramento de agentes ambientais representando 28,6% e 23,8%, respectivamente. Aspectos como design seguro e estatísticas de acidentes também foram explorados, mas em menor escala. Ferramentas de gestão e tecnologias, incluindo robôs automatizados, sensores sem fio e realidade virtual, foram identificadas como potenciais aliadas na mitigação dos riscos. Os questionários mostraram que a maioria dos participantes tem conhecimento sobre a NR 33, mas uma parcela relevante desconhece a NBR 16577. As medições realizadas dos gases O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S e LEL durante as atividades realizadas nos espaços confinados, através de sensores de resposta rápida, nos reservatórios dos canteiros de obras e do condomínio empresarial puderam mostrar que não existiam alterações prejudiciais à saúde, segurança e vida dos trabalhadores, de acordo com os parâmetros da norma. Apesar de não terem sido monitorados os riscos atmosféricos nos condomínios residenciais, foi identificado o risco adicional de quedas de altura, ensejando na necessidade de elaborar uma cartilha, com propósito de propor diretrizes de segurança a serem aplicadas durante os serviços, a fim de orientar de forma clara e prática os participantes do questionário de pesquisa, quais sejam: síndicos, encarregados de serviços gerais e administradoras de condomínio.

**Palavras-chave:** riscos atmosféricos; espaços confinados; canteiros de obras; monitoramento de riscos; tecnologia; condomínios.

## **ABSTRACT**

This work aims to investigate atmospheric risks in confined spaces of water reservoirs on construction sites and condominiums. The focus of the study is to understand the perception of such risks, identify the management tools used, describe the technologies applied to monitor and control the identified risks and measure the atmospheres present inside the reservoirs. The Systematic Literature Review (RSL) was used to build a solid theoretical basis, using databases such as Science Direct, ACM Digital Library, among others. Additionally, three questionnaires and a checklist were administered to assess risk perception and the characterization of confined spaces. A field experiment, with fast response sensors, was carried out to measure the presence of gases. Of the preliminary studies, risk management and control in confined spaces was the focus of 33.3% of the work, with the use of technologies and monitoring of environmental agents representing 28.6% and 23.8%, respectively. Aspects such as safe design and accident statistics were also explored, but on a smaller scale. Management tools and technologies, including automated robots, wireless sensors and virtual reality, were identified as potential allies in mitigating risks. The questionnaires showed that the majority of participants are aware of NR 33, but a significant portion are unaware of NBR 16577. The measurements taken of the gases O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S and LEL during activities carried out in confined spaces, through sensors rapid response, in the reservoirs at construction sites and in the business condominium, they were able to show that there were no changes harmful to the health, safety and lives of workers, in accordance with the parameters of the standard. Although atmospheric risks were not monitored in residential condominiums, the additional risk of falls from heights was identified, resulting in the need to prepare a booklet, with the purpose of proposing safety guidelines to be applied during services, in order to guide objectively and directly the participants of the research questionnaire, namely: property managers, general service managers and condominium administrators.

**Keywords:** atmospheric risks; confined spaces; construction sites; risk monitoring; technology; condominiums.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Acidentes nos espaços confinados por tipo de indústria.....	35
Figura 2 – Principais causas de acidentes em espaços confinados nos EUA.....	35
Figura 3 – Principais causas de acidentes em espaços confinados na Itália.....	36
Figura 4 – Etapas da Revisão Sistemática da Literatura.....	41
Figura 5 – Fluxograma Prisma.....	46
Figura 6 – Distribuição dos artigos por base de dados.....	47
Figura 7 – Percentual das produções por países.....	49
Figura 8 – Percentuais dos especialistas participantes do questionário.....	58
Figura 9 – Percentuais dos tempos de experiência dos especialistas na função.....	59
Figura 10 – Tempo de trabalho em espaços confinados.....	59
Figura 11 – Percentuais dos tipos de espaços confinados encontrados.....	60
Figura 12 – Nível de conhecimento dos especialistas sobre a NR 33.....	61
Figura 13 – Riscos atmosféricos mais presentes nos espaços confinados.....	61
Figura 14 – Riscos adicionais presentes nos espaços confinados.....	62
Figura 15 – Nível de conhecimento dos especialistas sobre a NBR 16.577.....	63
Figura 16 – Medidas de controle mais utilizadas nos espaços confinados das obras.....	64
Figura 17 – Percentuais de obras no uso de tecnologias.....	65
Figura 18 – Tecnologias utilizadas no monitoramento dos espaços confinados de obras.....	66
Figura 19 – Principais causas de acidentes na indústria da construção.....	67
Figura 20 – Percentuais das funções/cargos dos participantes do questionário.....	68
Figura 21 – Indicação do tempo de experiência dos participantes do condomínio.....	68
Figura 22 – Percepção dos participantes sobre espaços confinados.....	68
Figura 23 – Conhecimento dos requisitos de segurança.....	69
Figura 24 – Frequência dos serviços realizados nos reservatórios.....	70
Figura 25 – Frequência para os serviços de limpeza nos reservatórios.....	70
Figura 26 – Frequência para os reparos e manutenções nos reservatórios.....	71
Figura 27 – Realização dos serviços de limpeza, reparos e manutenções.....	72
Figura 28 – Capacitação de funcionários do condomínio para desempenhar a tarefa.....	72
Figura 29 – Conhecimento das normas e legislação de segurança.....	73
Figura 30 – Monitoramento da atmosfera e ocorrência inesperada durante a execução dos serviços.....	73

Figura 31 – Gerenciamento dos riscos nos espaços confinados.....	74
Figura 32 – Principais causas de acidentes nos espaços confinados.....	74
Figura 33 – Identificação dos espaços analisados confinados.....	75
Figura 34 – Aplicação dos critérios mínimos das Normas Regulamentadoras.....	77
Figura 35 – Coberta do edifício com acesso aos três reservatórios do condomínio.....	78
Figura 36 – Escada marinho de acesso a coberta do edifício.....	78
Figura 37 – Realização do bump test.....	79
Figura 38 – Resultado do bump test.....	79
Figura 39 – Sensor zerado após bump test.....	80
Figura 40 – Medições reservatório 01.....	80
Figura 41 – Medições reservatório 02.....	81
Figura 42 – Medições reservatório 03.....	81
Figura 43 – Leitura reservatórios 01 e 02, respectivamente.....	82
Figura 44 – Leitura reservatório 03.....	83
Figura 45 – Coberta do edifício: acesso aos reservatórios da construtora A.....	83
Figura 46 – Laje do reservatório e da casa de bombas construtora B.....	84
Figura 47 – Teste de bloqueio do sensor.....	84
Figura 48 – Medições reservatório 04.....	85
Figura 49 – Bidim e manta aplicados sobre as superfícies do reservatório.....	86
Figura 50 – Equipe dimensionada para os serviços.....	86
Figura 51 – Medições do reservatório 04 durante serviços de impermeabilização.....	87
Figura 52 – Medições do reservatório 05.....	87
Figura 53 – Laje de acesso ao reservatório 06.....	88
Figura 54 – Testes de pré-entrada.....	88
Figura 55 – Medições do reservatório 06 durante serviços de impermeabilização.....	89
Figura 56 – Medições reservatórios 07 e 08.....	90
Figura 57 – Resultados da medição do reservatório 09.....	90
Figura 58 – Medições casa de bomba.....	91
Figura 59 – Acesso e localização dos reservatórios superiores.....	95
Figura 60 – Acesso aos reservatórios superiores na coberta das edificações.....	95
Figura 61 – Passagem para reservatório superior sem escada de acesso.....	96
Figura 62 – Sistema de proteção coletiva contra quedas.....	97
Figura 63 – Periferias abertas nas áreas dos reservatórios superiores.....	97
Figura 64 – Grampos utilizados para segurança do trabalhador.....	98

Figura 65 – Trabalhador exposto ao risco de quedas de altura.....	98
Figura 66 – Grampos em aço inoxidável utilizados para segurança do trabalhador.....	99

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Resumo estatístico de mortes por asfixia nos espaços confinados.....	34
---	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Parâmetros de acordo com a legislação brasileira.....	24
Quadro 2 – Tabela de classificação dos espaços confinados.....	27
Quadro 2 – Tabela dos principais riscos presentes nos espaços confinados dos reservatórios...39	
Quadro 4 – Informações globais da procedência dos artigos.....	48
Quadro 5 – Resumo das ferramentas tecnológicas utilizadas na gestão e controle dos riscos.....	56
Quadro 6 – Características físicas dos reservatórios do condomínio.....	82
Quadro 7 – Características físicas dos reservatórios analisados nos canteiros de obras.....	91
Quadro 8 – Características físicas da casa de bombas.....	82
Quadro 9 – Medições realizadas nos espaços confinados.....	90
Quadro 10 – Informações gerais dos condomínios visitados.....	94

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação de Normas Técnicas
AIHA	American Industrial Hygiene Association
APR	Análise Preliminar de Riscos
BIM	Building Information Modeling
BV	Boca de Visita
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CRF	Código de Regulamentações Federais
EC	Espaço Confinado
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EUA	Estados Unidos da América
HFACS	Sistema de Análises e Classificação de Fatores Humanos
HR	Umidade Relativa
H <sub>2</sub> S	Sulfeto de Hidrogênio
INRS	L'Institut National de Recherche et de Sécurité
IPVS	Imediatamente Perigosa a Vida e a Saúde
ISD	Inerently Safer Desing
LEL	Limite Inferior de Esplosividade
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NR	Norma Regulamentadora
NBR	Norma Brasileira
NFPA	National Fire Protection Association
NIOSH	National Institute for Occupational Safety & Health
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso
O <sub>2</sub>	Oxigênio
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OS	Ordem de Serviço
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PET	Permissão de Entrada e Trabalho
PGR	Programa de Gerenciamento de Riscos
RSL	Revisão Sistemática da Literatura

SPCQ Sistema de Proteção Coletiva Contra Quedas  
SIT Subsecretaria de Inspeção do Trabalho  
SST Saúde e Segurança do Trabalho  
TA Temperatura Ambiente

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	19
1.1	<b>Contextualização</b> .....	19
1.2	<b>Justificativa</b> .....	20
1.3	<b>Objetivos</b> .....	21
1.3.1	<i>Objetivo Geral</i> .....	21
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	21
1.4	<b>Delimitação do tema</b> .....	22
2	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	23
2.1	<b>Referencial Teórico</b> .....	23
2.2	<b>Conceituando espaço confinado em âmbito nacional e Internacional</b> .....	24
2.2.1	Legislação do Brasil.....	24
2.2.2	Legislação dos Estados Unidos.....	26
2.2.3	Legislação do Canadá.....	27
2.2.4	Legislação da Espanha.....	28
2.2.5	Legislação da França.....	28
2.2.6	Legislação de Hong Kong.....	29
2.3	<b>Gerenciamento dos riscos nos espaços confinados</b> .....	29
2.4	<b>Estruturas e modelos de abordagem na gestão e controle dos riscos</b> .....	30
2.5	<b>Atmosferas perigosas</b> .....	31
2.6	<b>Complexidades e riscos nos resgates e salvamentos</b> .....	32
2.7	<b>Análise e estatística de acidentes: relevantes índices e taxas de mortalidade</b> .....	33
3	<b>METODOLOGIA</b> .....	40
3.1	<b>Revisão Sistemática da Literatura</b> .....	40
3.1.1	Estratégia da pesquisa.....	40
3.1.2	Critérios de seleção.....	42
3.2	<b>Aplicação de questionário de pesquisa e check list</b> .....	42
3.2.1	Percepção dos especialistas sobre os riscos e sua gestão.....	43
3.2.2	Caracterização dos espaços confinados.....	44
3.2.3	Monitoramento nos espaços confinados.....	44
3.3	<b>Medições das concentrações atmosféricas e níveis de oxigênio nos espaços confinados</b> .....	44
3.3.1	Objeto de estudo.....	44

3.3.2	Instrumentos de medição.....	44
3.3.3	Escolha dos locais para o monitoramento.....	45
4	<b>RESULTADOS</b> .....	46
4.1	<b>Resultados do mapeamento</b> .....	46
4.2	<b>Resultados bibliométricos</b> .....	47
4.2.1	Gestão: Monitoramento e controle dos riscos nos espaços confinados.....	50
4.2.2	Inovação tecnológica na gestão e controle dos riscos.....	54
4.3	<b>Análise de dados dos questionários aplicados</b> .....	57
4.3.1	Questionário aplicado aos especialistas nos canteiros de obras.....	59
4.3.1.1	Informações gerais.....	64
4.3.1.2	Percepção dos riscos nos espaços confinados.....	64
4.3.1.3	Gestão dos riscos nos espaços confinados.....	64
4.3.2	Questionário aplicado aos síndicos, encarregados de serviços gerais e administradores de condomínio.....	67
4.3.2.1	Informações gerais.....	67
4.3.3	Caracterização dos espaços confinados em canteiros de obras e em condomínio de edifício empresarial.....	75
4.3.4	Check list para o monitoramento dos espaços confinados.....	76
4.4	<b>Medições das concentrações atmosféricas e dos níveis de oxigênio</b> .....	77
4.4.1	Reservatórios do condomínio empresarial: Espaços confinados não perturbados.....	77
4.4.1.1	Testes de resposta e de pré-entrada.....	78
4.4.2	Reservatórios dos canteiros de obras: espaços confinados perturbados não perturbados .....	83
4.4.2.1	Espaços confinados perturbados.....	84
4.4.2.2	Espaços confinados não perturbados.....	89
4.5	Visitas realizadas nos condomínios: edifícios residenciais.....	93
4.5.1	Informações gerais dos condomínios.....	94
4.5.2	Acesso aos reservatórios inferiores e superiores.....	94
4.5.3	Riscos adicionais nos reservatórios superiores.....	96
5	<b>DISCUSSÕES</b> .....	100
6	<b>CONCLUSÕES</b> .....	107
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	110
	<b>APÊNDICE A – Questionário Percepção dos riscos e ferramentas de gestão nos espaços confinados dos canteiros de obras</b> .....	116

<b>APÊNDICE B</b> – Questionário Percepção dos riscos nos espaços confinados dos condomínios.....	121
<b>APÊNDICE C</b> – Questionário de caracterização dos espaços confinados.....	125
<b>APÊNDICE D</b> – Lista de verificação de monitoramento dos espaços confinados.....	128
<b>APÊNDICE E</b> – Cartilha Reservatório d’água em condomínios – Espaços Confinados .....	131

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

A indústria da construção civil, como um dos setores mais importantes na economia, apresenta também significativos desafios em relação à segurança no trabalho, em especial quando se trata de espaços confinados. Estes espaços, que incluem locais como silos, reservatórios, tubulações, poços, entre outros, são obras executadas durante a sua construção e montagem.

Apesar das existentes legislações nacionais e internacionais, trabalhos em espaços confinados continuam sendo uma preocupação constante. Como apontado por Burlet-Vienney *et al.* (2014), mesmo com regulamentações globais e extensivos esforços para estabelecer procedimentos seguros, acidentes fatais em espaços confinados continuam ocorrendo. Essas estatísticas alarmantes evidenciam a necessidade de esforços contínuos e renovados para garantir a segurança dos trabalhadores.

Idealmente, o acesso humano a esses espaços seria evitado, como medida de controle mais segura. No entanto, isso nem sempre é viável devido à natureza de algumas atividades, tornando a entrada humana necessária. Nesse sentido, não só é importante gerenciar os riscos associados, mas também buscar alternativas que reduzam ou até mesmo eliminem a necessidade de trabalhadores entrarem nesses locais perigosos.

A tecnologia tem se mostrado uma forte aliada neste cenário, fornecendo soluções para monitoramento seguro de espaços confinados. Por meio de dados em tempo real, é possível realizar muitas tarefas sem expor os trabalhadores a perigos desnecessários. Além disso, quando a entrada humana é indispensável, a tecnologia pode melhorar a resposta a emergências, proporcionando alertas mais rápidos.

No entanto, apesar desses avanços, acidentes em espaços confinados ainda ocorrem devido a falhas nos procedimentos, treinamentos ineficazes ou insuficientes e fiscalização deficiente e também o desconhecimento dos riscos existentes. Muitas vezes, os trabalhadores confiam mais na experiência pessoal do que em uma análise de risco séria e criteriosa, o que pode levar a acidentes graves, inclusive fatais.

Na construção civil é fundamental reconhecer a importância dos riscos em espaços confinados, frequentemente subestimados ou considerados triviais, apesar de seu potencial para afetar gravemente a saúde e segurança dos trabalhadores. Desafios na segurança do trabalhador durante a construção muitas vezes são exacerbados após a conclusão do projeto. Assim, é essencial que tanto construtoras quanto condomínios mantenham um compromisso contínuo com a observância de normas e regulamentações

Lemes (2023) enfatiza a importância de condomínios como espaços coletivos, onde a responsabilidade pela saúde e segurança do trabalho é compartilhada, para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável aos trabalhadores que atuam em suas dependências, sejam eles próprios ou terceirizados. Medidas preventivas são essenciais para prevenir acidentes e doenças ocupacionais, assim como o fornecimento de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) adequados para cada tipo de atividade. Em caso de falhas, o condomínio pode enfrentar ações judiciais e ser responsabilizado por indenizações, despesas médicas, suporte à família do acidentado, compensações por incapacidade e danos morais. Portanto, é vital realizar avaliação criteriosa na contratação de empresas terceirizadas para realização dos serviços, verificando se as mesmas possuem condições necessárias para garantir a segurança dos trabalhadores.

Assim, torna-se imperativo intensificar medidas para assegurar um ambiente de trabalho seguro e saudável não apenas durante a execução da obra, como também no pós ocupação. Isso requer aprimoramento na capacitação e sensibilização de trabalhadores, gestores, síndicos e administradores, fundamental à implementação rigorosa de procedimentos de segurança e exploração de tecnologias emergentes, que podem auxiliar na prevenção de acidentes em espaços confinados.

## **1.2 Justificativa**

A justificativa para o desenvolvimento desta dissertação de mestrado sobre os riscos presentes em espaços confinados na Indústria da Construção Civil é derivada da grande importância do setor para a economia, a geração de empregos e a necessidade de melhorar a segurança em serviços de alto risco. De acordo com o Ribeirinho *et al.* (2020) a construção civil é uma das maiores indústrias da economia do mundo, representando 13% do PIB global e impulsionando a economia nacional, onde a geração de emprego e renda neste setor é significativa. Segundo dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), o setor da construção civil brasileiro

se destacou com uma variação positiva de 9,55% do total de empregos formais do país (MTE, 2021).

Em segundo lugar, a preocupação em garantir a segurança de trabalhadores ao realizarem atividades nos espaços confinados no pós obras, onde o desconhecimento dos riscos presentes contribui para ocorrências dos acidentes, que poderiam ter sido evitados com uma orientação prévia.

Por fim, a necessidade de mais pesquisas para a concepção de formas seguras de trabalho é evidente. Portanto, essa dissertação visa investigar os riscos em espaços confinados durante o processo de construção e pós ocupação, e propor soluções para mitigá-los, contribuindo para a segurança e saúde dos trabalhadores.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo geral***

O objetivo geral desta dissertação é analisar os riscos atmosféricos em espaços confinados, especificamente em reservatórios localizados nos canteiros de obras e condomínios, durante os processos de construção e pós obras, para com base nos resultados propor diretrizes de segurança práticas aplicadas durante a execução dos serviços, bem como orientar síndicos e administradores de condomínios, com o propósito de mitigar os riscos identificados.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Documentar as concentrações atmosféricas e os níveis de oxigênio presentes no interior dos reservatórios e caixas d'água.
- Analisar a percepção sobre os riscos presentes nos espaços confinados
- Identificar quais as ferramentas de gestão desenvolvidas e utilizadas para o monitoramento das atividades realizadas nesses espaços.
- Descrever quais as principais tecnologias que estão sendo utilizadas no monitoramento e controle dos riscos.

#### **1.4 Delimitação do tema**

Esta pesquisa limita-se a analisar as atmosferas presentes nos espaços confinados dos canteiros de obras e dos condomínios.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Referencial teórico

A identificação correta de espaços confinados em ambientes de trabalho é um desafio para empregadores, mesmo com a presença de regulamentações globais, devido à falta de consciência situacional (BOTTI *et al.*, 2017b). A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) fornece critérios para identificar, caracterizar e gerenciar esses espaços, visando garantir a segurança e saúde dos trabalhadores.

Os principais riscos incluem poeiras e gases tóxicos, potencial para incêndios e explosões, e níveis inadequados de oxigênio. Trabalhadores frequentemente precisam entrar em espaços confinados, como silos e esgotos, para limpeza, inspeção e reparos, onde se deparam com riscos de asfixia, afogamento e intoxicação (BURLET-VIENNEY *et al.*, 2015; SELMAN *et al.*, 2017, 2018). Outros perigos incluem envenenamento, engolfamento, explosão e eletrocussão, com perigos atmosféricos sendo responsáveis por até 62% dos casos e 49% das mortes (SELMAN *et al.*, 2018).

A persistência de acidentes fatais, apesar dos esforços para estabelecer procedimentos seguros de trabalho em espaços confinados, é preocupante (BURLET-VIENNEY *et al.*, 2014). Segundo Botti *et al.* (2018), procedimentos e diretrizes não são padronizados, e diferentes abordagens são adotadas em países industrializados.

De acordo com o Artigo 19 da Lei 8.213/91, acidentes de trabalho são aqueles que ocorrem durante a realização do trabalho, causando lesão, morte ou perda de capacidade laboral (JUSTIÇA DO TRABALHO, 2021). Riscos ocupacionais são definidos pela Norma Regulamentadora 01 (NR 01) como a probabilidade de eventos perigosos ou exposições a agentes nocivos e a gravidade potencial das lesões ou problemas de saúde resultantes (MTE, 2021). Assim, é crucial considerar os fatores de risco relacionados ao trabalho e ao ambiente confinado (BOTTI *et al.*, 2015).

## **2.2 Conceituando espaço confinado em âmbito nacional e internacional**

### **2.2.1 Legislação do Brasil**

Segundo a Norma Regulamentadora 33 (NR 33), um espaço confinado é definido como um ambiente não projetado para ocupação humana contínua, com entradas e saídas limitadas e em que exista ou possa existir atmosfera perigosa (MTE, 2019).

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2017) espaço confinado é qualquer área não projetada para ocupação humana contínua, a qual tem meios limitados de entrada e saída ou uma configuração interna que possa causar aprisionamento ou asfixia em um trabalhador e na qual a ventilação é inexistente ou insuficiente para remover contaminantes perigosos e/ou deficiência/enriquecimento de oxigênio que possam existir ou se desenvolver ou conter um material com potencial para engolfar/afogar um trabalhador. Esta norma classifica ainda os espaços em “não perturbado”, cuja característica técnica está definida no cadastro, sendo as medidas de controle norteadas pela permissão de entrada e trabalho (PET); e “perturbado”, cuja característica da alteração ocasionada pelas atividades que serão executadas, considerando a dinâmica de evolução de riscos, sendo as medidas de controle baseadas na análise preliminar de risco (APR). Define ainda o “espaço confinado simulado”, apontando que é um espaço representativo em tamanho, configuração e meios de acesso para o treinamento do trabalhador, simulando as condições reais de confinamento, mas que não apresenta riscos à sua segurança e saúde

A Norma Regulamentadora 12 (NR 12) apresenta uma definição bem semelhante à NR 33 ao apontar que o espaço confinado seria qualquer área ou ambiente não projetado para ocupação humana contínua, com meios limitados de entrada e saída, com ventilação insuficiente para remover contaminantes ou que possa existir deficiência ou enriquecimento de oxigênio (MTE, 2019).

A "atmosfera de risco", conforme definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2017), é uma atmosfera que pode expor os trabalhadores ao perigo de morte, incapacitação, limitação para auto resgate, lesão ou doença aguda devido a gases, vapores ou névoa inflamável, poeira acima do limite de explosividade e atmosferas pobres (concentração de oxigênio abaixo de 19,5%) ou ricas (concentração de oxigênio acima de 23%) em oxigênio.

De acordo com a NR 33, a presença de uma Atmosfera Imediatamente Perigosa à Vida ou à Saúde (Atmosfera IPVS) exige que a entrada no espaço seja realizada com o uso de máscara autônoma de demanda com pressão positiva ou respirador de linha de ar comprimido com cilindro auxiliar para escape (MTE, 2019).

Por fim, conforme a ABNT (2017), a "área classificada" é definida como uma área que possui uma atmosfera explosiva ou uma probabilidade de ocorrência de tal atmosfera, devido à presença de mistura de ar com materiais inflamáveis na forma de gás, vapor, névoa, poeira ou fibras, exigindo precauções especiais em instalações elétricas.

### 2.2.1.1 Parâmetros da legislação brasileira

A NR 15 – Atividades e operações insalubres – Anexo 11 – Quadro 01, estabelece os requisitos de segurança para avaliar a exposição aos agentes químicos em jornadas de trabalho de até 48 horas semanais, cuja absorção seja apenas por via respiratória. Indica também que alguns agentes químicos podem ser absorvidos por via cutânea, exigindo desta forma, além de proteção respiratória, o uso de luvas de proteção. Além dos limites de tolerância constantes no quadro 01, esta norma dispõe ainda que nos locais em que estejam presentes as substâncias consideradas como “asfixiantes simples” a concentração mínima de oxigênio seja 18% de volume, onde valores abaixo deste percentual serão consideradas como risco grave e iminente. Neste quadro existe um “valor teto” indicativo de que os limites de tolerância não podem ser ultrapassados em momento nenhum da jornada de trabalho. Abaixo, o quadro 1 indica os agentes mais presentes nos espaços confinados de interesse desta pesquisa.

Quadro 1 – Parâmetros de acordo com a legislação brasileira

AGENTE QUÍMICO	JORNADA DE ATÉ 48 HORAS SEMANAIS			
	ppm*	mg/m3*	% (volume)	Requisitos legais
CO	39	43	-	NR 15
CO2	3900	7020	-	NR 15
H2S	8	12	-	NR 15
LEL			≥ 10	NBR 16577
O2			19,5 a 23	NBR 16577
*ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado. ** mg/m3 - miligramas por metro cúbico de ar.				

Fonte: Autora com dados da legislação brasileira

## 2.2.2 Legislação dos Estados Unidos

De acordo com a Occupational Safety and Health Administration (OSHA, 2003), um espaço confinado é um ambiente suficientemente grande para que um trabalhador possa entrar e executar tarefas, que tem entradas e saídas limitadas e não é projetado para ocupação contínua. A OSHA também define um espaço confinado com permissão obrigatória como um que contém ou pode conter uma atmosfera perigosa; possui material que pode envolver um indivíduo; tem uma configuração interna que pode prender ou asfixiar um trabalhador; ou apresenta qualquer outro risco grave à segurança ou saúde.

Descreve uma atmosfera perigosa como aquela que pode expor o trabalhador ao risco de morte, incapacitação, dificuldade de autorresgate, ou a lesões ou doenças agudas. Essa exposição pode ser causada por névoas inflamáveis, gases ou vapores acima de 10% do seu Limite de Explosividade Inferior (LEL), exposição a substâncias acima dos limites permitidos, uma condição Imediatamente Perigosa à Vida ou à Saúde (IPVS), e concentrações de oxigênio abaixo de 19,5% ou acima de 22,0%.

O National Institute for Occupational Safety & Health (NIOSH) estabeleceu critérios para a segurança no trabalho em espaços confinados, visando tornar esses ambientes seguros para os trabalhadores e conscientizá-los sobre os perigos presentes. Segundo o NIOSH (1979), um espaço confinado é um ambiente com entradas e saídas limitadas, ventilação natural insuficiente, que pode conter ou produzir contaminantes perigosos, e não destinado à ocupação contínua. O NIOSH divide os espaços confinados em Classe A, Classe B e Classe C, cada uma com características específicas e níveis definidos de oxigênio, inflamabilidade e toxicidade, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Tabela de classificação de espaços confinados

PARÂMETROS	Classificação		
	Classe A	Classe B	Classe C
<b>Características</b>	Atmosfera IPVS – exige procedimentos de resgate na entrada de mais de um indivíduo, totalmente equipado com equipamento de suporte à vida. A manutenção da comunicação requer uma pessoa de prontidão adicional dentro do espaço confinado.	Perigoso, mas não imediatamente ameaçador à vida - os procedimentos de resgate não requerem a entrada de mais de um indivíduo totalmente equipado com equipamento de suporte à vida. Comunicação visual ou auditiva indireta com os trabalhadores.	Perigo potencial - não requer modificação dos procedimentos de trabalho - procedimentos de resgate padrão. Comunicação direta com os trabalhadores, de fora do espaço confinado.
<b>Nível de oxigênio</b>	16% ou menos (122 mm Hg)* ou maior que 25% (190 mm Hg)*	Entre 16,1% a 19,4% (122 – 147 mm Hg)* ou 21,5% a 25% (163 – 190 mm Hg)*	De 19,5% a 21,4% (148 – 163 mm Hg)*
<b>Características inflamabilidade</b>	20% ou maior que o LEL	10% - 19% LEL	10% LEL ou menor
<b>Toxicidade</b>	IPVS	Maior que o nível de contaminação, referenciado em 29 CRF parte 1910 sub parte Z - menor que IPVS	Menor que o nível de contaminação referenciado em 29 CRF parte 1910 sub parte Z
<b>Observação</b>	*Com base em uma pressão atmosférica total de 760 mm Hg ao nível do mar		

Fonte: NIOSH (1979)

O Quadro 2 detalha três categorias de espaços confinados: Atmosfera IPVS, ambientes perigosos, mas não imediatamente ameaçadores à vida e ambientes de perigo potencial. Essas categorias diferem quanto ao nível de risco, concentração de oxigênio, inflamabilidade e toxicidade. O nível de oxigênio varia entre menos de 16% a mais de 25%, com condições de inflamabilidade de até 20% ou mais do LEL. Toxicidade varia desde níveis imediatamente perigosos para a vida e saúde (IPVS) até níveis menores que os referenciados em 29 CRF - Código de Regulamentações Federais, parte 1910 subparte Z. Procedimentos de resgate e comunicação variam de acordo com a classificação de perigo do espaço confinado.

### 2.2.3 Legislação do Canadá

Segundo o Regulamento de Ontário 632/05 (2015), no Canadá, um espaço confinado é caracterizado como um ambiente parcial ou totalmente fechado, não projetado para ocupação humana contínua, com potenciais riscos atmosféricos originados de sua construção, localização, conteúdo ou atividades nele realizadas. Uma atmosfera de risco é definida como aquela que pode acumular agentes inflamáveis, combustíveis ou explosivos, apresentar concentração de

oxigênio abaixo de 19,5% ou acima de 23%, ou possuir contaminantes atmosféricos como gases, vapores, fumos, poeiras ou névoas, que podem causar efeitos agudos à saúde, representar ameaça imediata à vida ou comprometer a capacidade de autorresgate de uma pessoa.

#### **2.2.4 Legislação da Espanha**

O Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Espanã (1985) apresenta no seu guia de boas práticas - NTP 223 - a definição de espaço confinado como sendo aquele com aberturas de entrada e saída limitadas, ventilação natural desfavorável, onde contaminantes tóxicos ou inflamáveis podem estar acumulados ou ter deficiência de oxigênio e não destinado à ocupação contínua de trabalhadores. Segundo este instituto, o espaço confinado pode ser de dois tipos, a saber: abertos no topo e profundos o suficiente para dificultar a ventilação natural; e fechados com pequena abertura para entrada e saída. Da mesma forma, estabelece que existem riscos gerais e específicos, onde os riscos específicos seriam aqueles causados por condições especiais, como atmosferas perigosas que podem causar asfixias, incêndios/explosões e intoxicações, estabelecendo ainda as principais medidas preventivas para o controle das atividades em atmosferas perigosas. São elas: autorizações para entrada; medição das concentrações da atmosfera do interior do espaço (oxigênio, inflamáveis ou explosivos); isolamento do espaço para impedir o acesso; ventilação do local; vigilância contínua e; treinamento.

#### **2.2.5 Legislação da França**

Segundo o L'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS, 2014), um espaço confinado é um ambiente parcial ou totalmente fechado, que não é um posto de trabalho regular, mas pode ser ocupado ocasional e temporariamente para inspeção, manutenção ou reparo. Esse espaço tem acesso limitado e uma atmosfera potencialmente perigosa devido à ventilação natural insuficiente, à presença de materiais e substâncias e ao tipo de trabalho realizado.

Os riscos específicos nesses ambientes incluem asfixia, anóxia, hipóxia, envenenamento e explosão/incêndio. Para controlar esses riscos, medidas de segurança são implementadas de acordo com a concentração de oxigênio, que é dividida em zonas: Zona 1 (concentrações de oxigênio entre 17-19%); Zona 2 (15-17%); Zona 3 (13-15%); e Zona 4 (<13%). Nas zonas 2, 3 e 4, as atividades são liberadas somente após avaliação de saúde, identificação por crachás e permissões de entrada. A permanência é limitada a um máximo de 4 horas na zona 2 e 2 horas

na zona 3, com intervalos de pelo menos 30 minutos e o tempo de permanência de cada trabalhador é registrado.

### **2.2.6 Legislação de Hong Kong**

O Occupational Safety and Health Council de Hong Kong classifica um espaço confinado como um ambiente fechado onde riscos específicos podem surgir, incluindo incêndio, explosão, perda de consciência, aumento da temperatura corporal, asfixia devido à presença de gás, fumo ou vapor, aumento do nível de líquido causando afogamento e engolfamento por fluxo sólido. A instituição também define uma atmosfera perigosa como aquela com deficiência de oxigênio, presença de gases inflamáveis, substâncias químicas, riscos mecânicos, elétricos, de ruído, radiações, condições perigosas de acesso, riscos de afogamento e de operações manuais e biológicos.

É perceptível que, embora exista diversidade na forma como diferentes países conceituam espaços confinados e suas atmosferas de risco, apresentam um conteúdo muito semelhante quanto ao reconhecimento da necessidade de limitar a não ocupação contínua, a limitação de entradas e saídas, e a atenção aos contaminantes e níveis de oxigênio, que poderiam causar prejuízos à vida e saúde dos trabalhadores. Nota-se, contudo, uma variação nas legislações relativas à definição de uma atmosfera de risco baseada na concentração de oxigênio: enquanto a maioria estipula um limite superior de 23%, há casos em que o limite é de 22%. Foi verificado também que nas diferentes normas os espaços confinados são divididos em classes, de acordo com as características neles presentes. Além disso, as normas diferenciam os espaços confinados em categorias, baseando-se em características específicas e riscos gerais.

### **2.3 Gerenciamento dos riscos nos espaços confinados**

A gestão eficiente dos espaços confinados e suas atmosferas perigosas é essencial. A Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2011) recomenda o uso de um Sistema de Gestão em Segurança para avaliar e aprimorar comportamentos preventivos e gerenciar riscos efetivamente no local de trabalho. Contudo, conceitos em regulamentos e normas podem ser imprecisos ou difíceis de implementar (BURLET-VIENNEU *et al.*, 2014). Ferramentas de apoio para avaliação de perigos e adesão às medidas de controle de segurança são sugeridas por

Reinhold *et al.* (2015). Desenvolvimentos recentes nesta abordagem foram realizados por Caputo *et al.* (2013) e Blaise *et al.* (2014).

BURLET-VIENNEY *et al.* (2015) propõem uma ferramenta de avaliação de riscos em espaços confinados, seguindo as etapas básicas dos sistemas de gestão de riscos, incluindo: caracterização da situação, identificação do perigo, estimativa do risco, avaliação do risco, e redução do risco. As falhas na identificação e estimativa de riscos são aparentes na maioria dos acidentes fatais, como exemplificado pelos acidentes em espaços confinados em Quebec entre 1998 e 2011, onde a identificação de perigos ou a subestimação de riscos foram problemas recorrentes.

#### **2.4 Estruturas e modelos de abordagem na gestão e no controle dos riscos**

Analisar as ferramentas e abordagens de gerenciamento de riscos em espaços confinados é fundamental. Estruturas e modelos como os propostos por Burlet-Vienney *et al.* (2015a) e Garmer *et al.* (2015) visam reduzir a incidência de acidentes, principalmente fatais, através da identificação e categorização de riscos. Tais modelos incluem a avaliação de fatores que podem afetar a segurança durante intervenções em espaços confinados. Além disso, métodos recentes, como o de Selman *et al.* (2019), oferecem procedimentos para entrada segura e resgate em espaços confinados, considerando hierarquias de proteção e níveis de resgate.

No entanto, a eficácia destas abordagens depende da correta avaliação e entrada de dados pelos empregadores e profissionais de segurança. Botti *et al.* (2018), por exemplo, argumentam que a análise precisa considerar as características específicas do espaço confinado e do trabalho a ser realizado, além das percepções humanas. Eles propõem um procedimento detalhado para garantir um trabalho seguro, que inclui a análise das características da área confinada, a identificação de possíveis riscos e a implementação de controles de engenharia e administrativos para eliminar esses riscos.

No entanto, falhas no processo de avaliação e aplicação de procedimentos de segurança podem levar a acidentes graves, como a explosão fatal ocorrida em um tanque de armazenamento de óleo, relatada por Botti *et al.* (2018). Este caso destaca a importância de avaliar corretamente os riscos e seguir os procedimentos de segurança adequados.

Um desafio na gestão de riscos em espaços confinados é a correta identificação desses espaços, conforme destacado por Botti *et al.* (2017). Pesquisas recentes, como as de Burlet-Vienney *et al.* (2015), se concentraram em resolver este problema, promovendo um processo sistemático de identificação e análise de riscos. O conceito de Inerently Safer Design (ISD) tem se mostrado eficaz para elevar os padrões de segurança em operações de processo, plantas ou equipamentos (ATHAR *et al.*, 2019; BROWN *et al.*, 2021; KHAN *et al.*, 2015; LYON, 2019; POPOV, 2019).

Diretrizes práticas para a gestão de riscos em espaços confinados são fornecidas pela American Industrial Hygiene Association (AIHA) e pela National Fire Protection Association (NFPA), incluindo exemplos de como tornar os espaços inacessíveis ou adequados para ocupação humana contínua (PEARCE, 2017).

Estudos recentes, como o de Gonzalez-Cortes *et al.* (2022), buscam integrar teoria à prática através da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e entrevistas com especialistas. O estudo apontou para a eliminação dos espaços confinados através de princípios de design seguros, como o Inerently Safer Design (ISD), que além de proteger melhor o trabalhador, simplifica as atividades e reduz os custos. Outras alternativas como a modernização de estruturas também foram consideradas, embora tenham mostrado ser menos eficazes na prática.

## **2.5 Atmosferas perigosas**

As condições atmosféricas, como a deficiência de oxigênio e a presença de contaminantes tóxicos, são causas frequentes de acidentes em espaços confinados, muitas vezes encontrados em projetos da indústria da construção civil. Eles afetam não apenas os trabalhadores, mas também as equipes de resgate, com estatísticas indicando que 17% das fatalidades envolvem socorristas (SELMAN *et al.*, 2018). Vários estudos têm analisado a presença de substâncias perigosas em tais espaços, assim como sua relação com detonações e explosões, que são um risco adicional nos canteiros de obras (CHETTOUH *et al.*, 2016; KOLBE *et al.*, 2017). Para entender melhor essas ameaças, Salvado *et al.* (2017) desenvolveram um modelo matemático para avaliar os efeitos destrutivos de detonações em espaços industriais confinados, enquanto outros pesquisadores se concentraram na deficiência de oxigênio e no risco de asfixia (LUNN, 2017; MEJÍAS *et al.*, 2014; STEFANA *et al.*, 2015; SUNDAL *et al.*, 2017).

Os socorristas, muitas vezes, podem subestimar a gravidade de uma atmosfera perigosa, levando a tentativas de resgate em condições de alto risco, que também podem acontecer em projetos de construção civil (SELMAN *et al.*, 2018). Esta realidade destaca a falta de conscientização sobre os riscos envolvidos em tais operações (Burlet-Vienney *et al.*, 2014, 2015a). As atmosferas tóxicas podem se caracterizar pela falta de oxigênio, causando asfixia, muitas vezes devido ao deslocamento do oxigênio por gases inofensivos, como o nitrogênio ou o dióxido de carbono, uma situação que pode ser comum em canteiros de obras. Ademais, atmosferas tóxicas podem conter vapores, gases, poeira e fumaças nocivas, como o sulfeto de hidrogênio, que foi o contaminante mais comum nas mortes em espaços confinados entre 1998 e 2011 (Burlet-Vienney *et al.*, 2014).

Em um estudo de caso conduzido por Martins (2018), um reator de 6 metros de diâmetro e 64 metros de profundidade foi monitorado durante 18 dias de trabalho contínuo, com uma equipe de 6 trabalhadores. O objetivo era observar variações nos níveis de oxigênio no espaço, monitorado por dois detectores de gases, programados para acionar um alarme se os níveis de oxigênio caíssem abaixo de 20,8%. Durante o projeto, houve duas interrupções devido à queda dos níveis de oxigênio, especialmente durante atividades de soldagem. Isso ilustra o impacto que certas atividades, comuns na construção civil, podem ter na segurança do ambiente de trabalho.

## **2.6 Complexidades e riscos nos resgates e salvamentos**

A Norma Regulamentadora 33 (NR 33) estabelece que os empregadores, em qualquer setor, incluindo a indústria da construção civil, devem elaborar e implementar procedimentos de emergência e resgate. Os responsáveis por tais ações devem ter aptidão física e mental adequada para o trabalho a ser realizado (MTE, 2019). Isso é vital, considerando que o resgate em espaços confinados, que podem ser frequentemente encontrados em canteiros de obras, é uma operação delicada e dependente do tempo (Wilson *et al.*, 2012).

No entanto, muitos acidentes de trabalho ocorrem quando trabalhadores entram em áreas confinadas sem o treinamento apropriado e sem Equipamentos de Proteção Individual (EPI), expondo-se a grandes riscos (BOTTI *et al.*, 2015). A legislação é clara ao afirmar que a equipe de resgate deve ser capacitada para lidar com todos os cenários de acidentes possíveis,

identificados em uma análise de risco (MTE, 2019). Infelizmente, a falta de treinamento adequado contribui para a ocorrência de acidentes, especialmente entre os socorristas.

A quantidade de socorristas que morrem ao tentar resgatar outras pessoas em espaços confinados, incluindo estruturas de construção, sugere que o planejamento de resgate muitas vezes não é devidamente priorizado. Isso é especialmente verdadeiro no que se refere aos riscos atmosféricos, uma das principais causas de morte de socorristas (BURLET-VIENNEY *et al.*, 2015b). Muitas vezes, mesmo com a presença de equipes de emergência profissionais, o tempo de resposta não é suficiente, levando a tentativas de resgate não planejadas por pessoas não treinadas (WILSON *et al.*, 2012).

Selman *et al.* (2018) realizaram um estudo para investigar a taxa de acidentes fatais e identificar os mecanismos de acidentes em espaços confinados em várias indústrias. Foi encontrado que as fatalidades estavam divididas em quatro principais categorias: atmosferas tóxicas, incêndios/explosões, riscos de acidentes e engolfamento. As atmosferas tóxicas foram consideradas como a causa de morte mais significativa. As taxas de morte foram calculadas entre 0,03 a 0,08 fatalidades por 100.000 trabalhadores, destacando a falta de treinamento e conscientização adequados como as principais causas de resgates mal sucedidos e não planejados.

Pesquisas recentes reforçam a importância do design em facilitar as operações de resgate, especialmente considerando que os socorristas representam uma alta porcentagem nas estatísticas de fatalidades e enfrentam muitos desafios para extrair as vítimas prontamente (WILSON *et al.*, 2012; SMITH *et al.*, 2018). No entanto, o design para resgate deve ser considerado como último recurso, quando todas as alternativas mais seguras foram avaliadas e consideradas inviáveis (PEARCE, 2016).

## **2.7 Análise e estatística de acidentes: relevantes índices e taxas de mortalidade**

O perigo em espaços confinados não se restringe aos socorristas, como também é comprovado pela alta taxa de fatalidades entre outros trabalhadores. Dados apontam que 2016 e 2017 foram os anos com o maior número de mortes em intervenções em espaços confinados nos EUA e em Quebec na última década (GONZALEZ-CORTEZ *et al.*, 2021). A taxa de mortalidade por 100.000 trabalhadores atinge 1,3 nos EUA, 0,06 em Quebec, 1,55 na Jamaica e 2,25 na Itália.

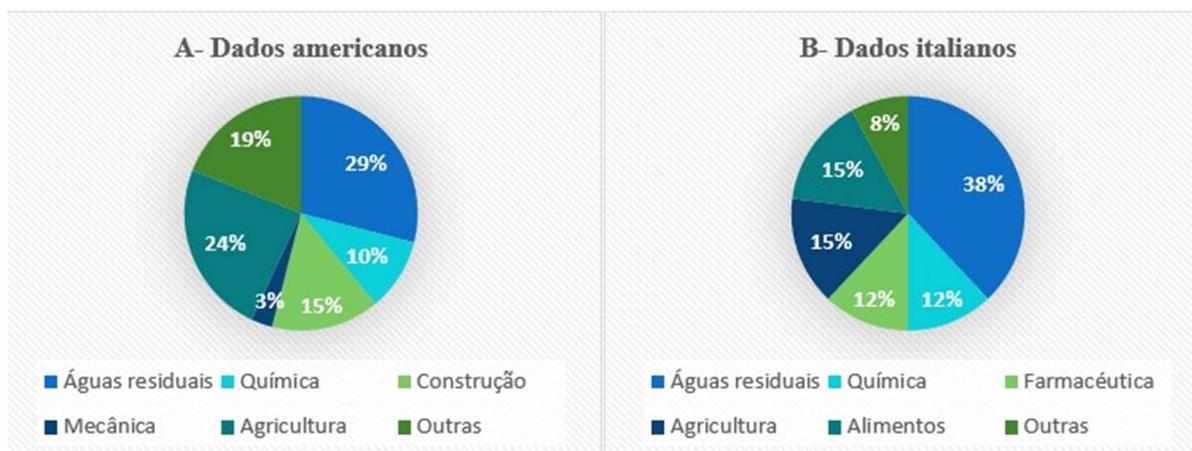
Em contraste, é de 0,08 em Cingapura e 0,05 na Austrália, e é importante notar que 17% dessas fatalidades envolvem socorristas (SELMAN *et al.*, 2018). Nos EUA, a média de mortes anuais devido a envenenamento ou asfixia entre 1992 e 2005 foi de 38 (WILSON *et al.*, 2012). Conforme relato de Burlet-Vienneu *et al.* (2014), fatalidades no Quebec envolveram componentes móveis de máquinas em 20% dos casos, e outros fatores como engolfamento, quedas de altura e objetos em queda contribuíram igualmente para a ocorrência de acidentes em espaços confinados.

Embora se possa pressupor que a indústria da construção civil seria um campo comum para esses acidentes, estudos mostram que fatalidades em espaços confinados ocorrem em uma variedade de indústrias. O Instituto Nacional Americano de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) relatou que, entre 1985 e 2015, houve 141 acidentes em espaços confinados nos EUA, resultando em 197 fatalidades. Destes, 15% ocorreram na indústria da construção, enquanto outros setores, como a indústria de águas residuais (29%), agricultura (25%), indústria química (10%) e mecânica (3%), também registraram incidentes (NIOSH, 2016). Em um estudo similar na Itália, a indústria de águas residuais também apresentou a maior taxa de acidentes, seguida pela agricultura, indústria química, indústria alimentícia e farmacêutica (BOTTI *et al.*, 2015). As pesquisas apontaram a produção de efluentes gasosos, devido a reações químicas ou processos de fermentação, como um dos principais fatores contribuintes para acidentes em espaços confinados na indústria de águas residuais.

Embora os dados apresentem uma visão abrangente de várias indústrias, é importante reconhecer que os riscos em espaços confinados existem na indústria da construção, que contribui com 15% dos acidentes fatais nos EUA, conforme figura 1. Isso reitera a necessidade de práticas rigorosas de segurança e conscientização em todos os setores, incluindo a construção civil.

De acordo com a figura 1, os acidentes em espaços confinados não estão restritos a uma única indústria, mas ocorrem em uma variedade de setores, incluindo a indústria de águas residuais, agricultura, indústria química, indústria da construção, entre outras. Isto sugere que o risco é inerente à natureza do espaço confinado, não apenas à indústria específica.

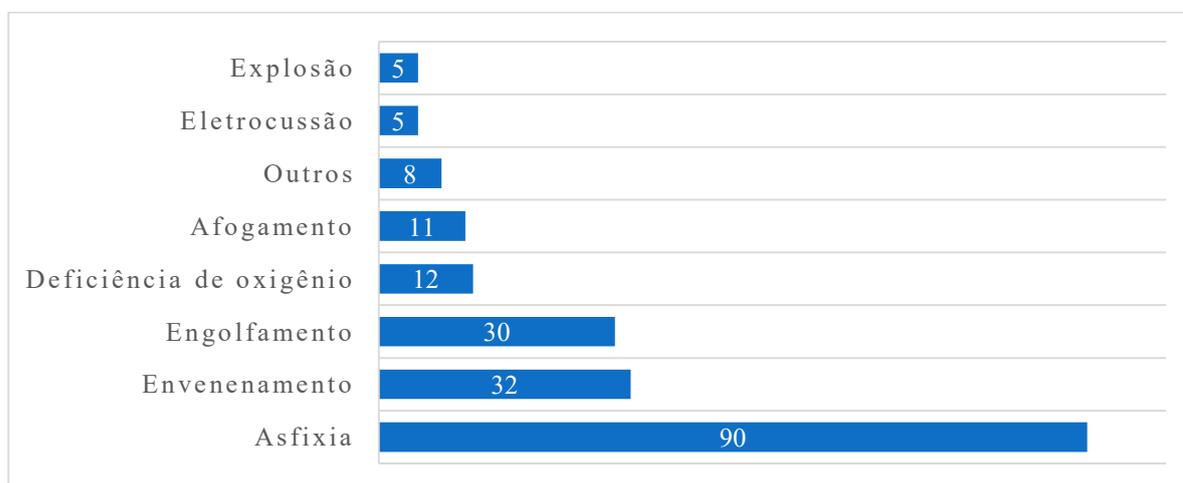
Figura 1 – Acidentes nos espaços confinados por tipo de indústria



Fonte: Autora com base nos dados do NIOSH (2016) e Botti *et al.* (2015)

O Instituto Nacional Americano de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) divulgou as principais causas de acidentes de 1985 a 2015. Em ordem decrescente de ocorrência, as causas são: asfixia, envenenamento, engolfamento, falta de oxigênio, afogamento, explosão e eletrocussão. Detalhes adicionais podem ser encontrados na Figura 2.

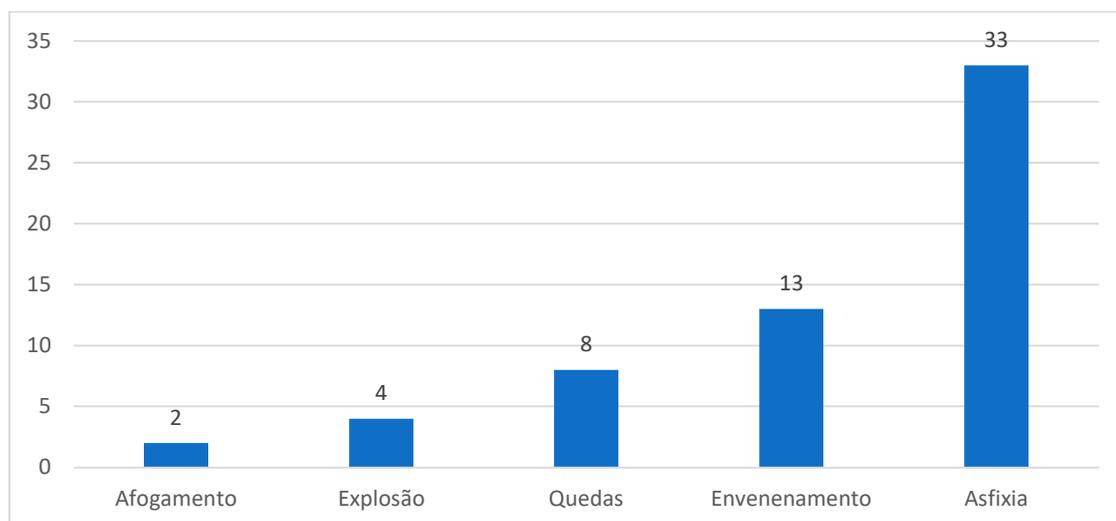
Figura 2 – Principais causas de acidentes em espaços confinados nos EUA.



Fonte: Autora com base nos dados do NIOSH (2016)

No estudo conduzido por Botti *et al.* (2015), foram identificadas as causas primárias de acidentes na Itália entre 2001 e 2016. Assim como no relatório do NIOSH, a asfixia lidera como a principal causa de mortes, seguida por envenenamento, quedas, explosões e afogamento. Mais detalhes estão disponíveis na Figura 3.

Figura 3 – Principais causas de acidentes em espaços confinados na Itália.



Fonte: Autora com base nos dados do NIOSH (2016)

Selman *et al.* (2019) analisaram as fatalidades em diversos países e tipos de indústria de 1980 a 2017. Eles constataram que a asfixia foi a principal causa de mortes em espaços confinados, com uma proporção significativa desses incidentes envolvendo socorristas durante operações de resgate. No caso específico dos Estados Unidos, todas as mortes registradas entre 1992 e 2005 foram atribuídas a riscos atmosféricos. A Tabela 1 fornece mais detalhes, incluindo o país, o período, o número total de fatalidades e a taxa de mortalidade por 100.000 trabalhadores.

Foi observado também que embora o engolfamento seja uma causa de acidente bastante comum, certos grupos industriais, como a agricultura, têm uma maior taxa de fatalidade (ISSA *et al.*, 2016; RIEDEL, 2013). Este risco foi responsável por 37% das 59 mortes na Austrália, durante o período 2000 a 2012 (SELMAN *et al.*, 2017) e 49% dos 41 mortos em Quebec, entre 1998 e 2011 (BURLET-VIENNEU *et al.*, 2014, 2015b). Finalizando, Nagavi *et al.* (2019) após investigarem 21 relatórios, apontaram vários acidentes fatais ocorridos na indústria de gás e óleo. Entre 2006 e 2017 foram 36 acidentes em espaços confinados, resultando em 55 mortos e 30 feridos. Foi considerada a quarta principal causa de morte para o referido período.

Tabela 1 – Resumo estatístico de mortes por asfixia nos espaços confinados

Jurisdição	Período	Nº Fatalidades	Taxa de mortalidade
Estados Unidos da América	1980 - 1989	670 mortes	0,08
Estados Unidos da América	1997 - 2001	458 mortes	0,07
Estados Unidos da América	1992 - 2005	530 mortes	0,03
Reino Unido (estimativa)	Por ano	15 mortes	0,05
Quebec	1998 - 2011	41 mortes	0,07
Austrália	2000 - 2012	59 mortes	0,05
Nova Zelândia	2007 - 2012	6 mortes	0,05
Singapura	2004 - 2014	18 mortes	0,08

Fonte: Selman *et al.* (2019)

Resumidamente, a análise das informações realça a gravidade dos acidentes em espaços confinados em várias indústrias, com a asfixia e o engolfamento se mostrando como causas recorrentes de fatalidades. Nota-se uma tendência preocupante entre os socorristas, sublinhando a importância de melhores práticas de segurança nas operações de resgate. Para a indústria da construção civil, essas informações são de importância crucial. Em um setor onde atividades como trabalho em altura e operação de maquinário pesado são rotineiras, os riscos inerentes aos espaços confinados podem se potencializar, aumentando a vulnerabilidade dos trabalhadores a acidentes graves. Logo, a pesquisa pode contribuir de várias maneiras para o entendimento e a mitigação de acidentes em espaços confinados na indústria da construção civil produzindo um impacto significativo no entendimento dos acidentes em espaços confinados na indústria da construção civil, levando a melhorias na segurança e, conseqüentemente, na redução de acidentes e fatalidades.

Cardoso (2013) afirma, analisando esses números no Brasil, que em 2007 as atividades realizadas nos espaços confinados, incluindo trabalhos em silos registraram 1.648 acidentes, sendo em 2008 2.021 acidentes, e 2009 foram 2.121, onde o índice de óbitos só foi superado pelas mortes por quedas de altura.

De acordo com Kulcsar, Scardino e Possebon (2000), no Brasil os trabalhadores não estão morrendo apenas por falta de oxigênio, inalação de produtos tóxicos, quedas ou explosões, mas essencialmente, por falta de informações.

Em 2017 o Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS) concedeu 196.754 benefícios a trabalhadores acidentados. Destes, aproximadamente 50% aconteceram nos espaços confinados, em que 90% das ocorrências acarretaram na morte de trabalhadores (BRASIL, 2018).

## **2.8 Riscos presentes nos espaços confinados**

De acordo com a NR 01 (2022) o risco ocupacional pode ser definido como a combinação da probabilidade de ocorrer lesão ou agravo à saúde causados por um evento perigoso, exposição a agente nocivo ou exigência da atividade de trabalho e da severidade dessa lesão ou agravo à saúde. Os agentes nocivos apontados por esta norma são os biológicos, físicos e químicos, definidos a seguir:

- Agente biológico: são todos os microrganismos, parasitas ou materiais originados de organismo que, em função de sua natureza e do tipo de exposição, teriam a capacidade de acarretar lesão ou agravo à saúde do trabalhador.
- Agente físico: definido como qualquer forma de energia que, em função de sua natureza, intensidade e exposição, é capaz de causar lesão ou agravo à saúde do trabalhador.
- Agente químico: todas as substâncias químicas que sozinhas ou misturadas, em estado natural ou produzidas, utilizadas no processo de trabalho ou geradas nele, e que em função de sua natureza, concentração e exposição, tem a capacidade de causar lesão ou agravo à saúde do trabalhador.

A NR diz ainda que os riscos devem ser levantados, identificados e avaliados para a partir de então serem adotadas todas as medidas de prevenção, a fim de eliminar, reduzir ou controlá-los. Além dos riscos apontados acima, existem os ergonômicos e os mecânicos (também chamados de riscos de acidentes), que de acordo com a FIOCRUZ (2024) são fatores que podem afetar a integridade física ou mental do trabalhador, proporcionando-lhe desconforto ou doença, bem como os fatores ou geradores de acidentes que colocam em perigo o trabalhador ou afetam sua integridade física ou moral, respectivamente.

Muitos riscos podem estar presentes nos espaços confinados, com atenção especial aos atmosféricos, por serem causas frequentes de acidentes nestes locais. Abaixo, o quadro 3 mostra os riscos que podem estar mais presentes durante as atividades nos espaços confinados dos reservatórios de água.

Quadro 3 – Tabela dos principais riscos presentes nos espaços confinados dos reservatórios

<b>QUÍMICOS</b>	<b>ERGONÔMICOS</b>	<b>FÍSICOS</b>	<b>ACIDENTES</b>
Gases	Posturas incorretas	Ruído	Quedas de altura
Vapores	Iluminação inadequada	Umidade	Quedas de nível
Poeiras		Radiações ionizantes	Quedas de materiais
Fumos			Quedas de ferramentas
Substâncias, compostos ou produtos químicos			Choque elétrico Explosões Incêndios

Fonte: Autora

### 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo para identificar atmosferas potencialmente perigosas aos trabalhadores em espaços confinados na indústria da construção, bem como em condomínios é estruturada em três fases: 1) Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises (PRISMA); 2) Aplicação de questionário a especialistas, síndicos/administradores de condomínios e aplicação de lista de verificação; e 3) Medição das concentrações atmosféricas e dos níveis de oxigênio em espaços confinados em canteiros de obras e condomínios. Cada uma destas etapas será detalhadamente descrita a seguir.

#### 3.1 PRISMA e Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

A etapa inicial do estudo foi estruturada conforme as diretrizes do PRISMA, a fim de melhor organizar as informações obtidas na Revisão Sistemática da Literatura (RSL) cuja finalidade foi construir uma base teórica robusta, com ênfase nos serviços realizados em espaços confinados, abrangendo várias indústrias, e com especial atenção aos canteiros de obras e condomínios. A RSL permitiu identificar as práticas gerenciais atualmente utilizadas para monitorar espaços confinados e as tecnologias empregadas para gerenciar e controlar riscos nas atividades realizadas nesses locais. Tais informações serão detalhadas e discutidas no capítulo "Resultados e discussões".

##### 3.1.1 Estratégia de pesquisa

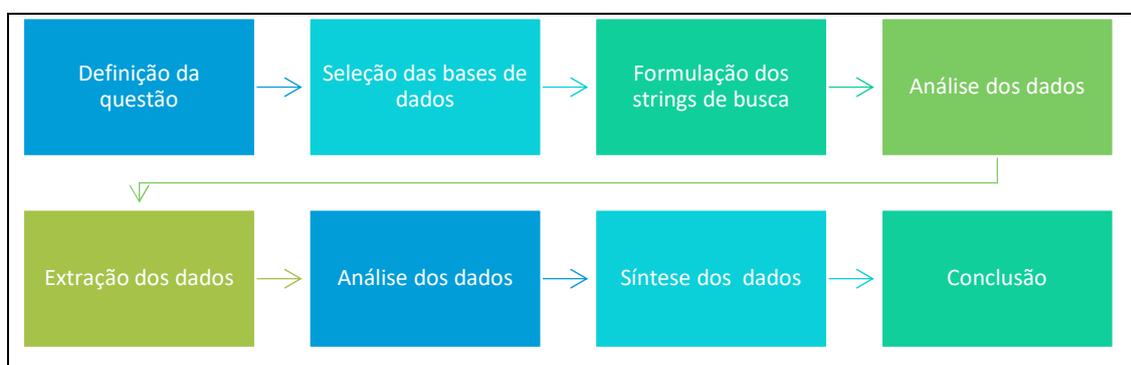
A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi realizada conforme as diretrizes PRISMA (Itens de Relatórios Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-análises). As fontes selecionadas para esta pesquisa incluíram bases de dados como *Science Direct*, *ACM Digital Library*, *Emerald*, *Oxford*, *Compendex*, *IOPScience* e *SCOPUS*, disponíveis no Portal de Periódicos da CAPES. Estas foram escolhidas pela relevância dos resultados obtidos para os termos de busca e por sua pertinência à área de Engenharia.

O problema de pesquisa foi definido como: "Existem atmosferas potencialmente perigosas à vida e saúde do trabalhador nas atividades realizadas em espaços confinados em canteiros de obras e condomínios?"

O processo de pesquisa foi organizado em três etapas: planejamento, condução e documentação. No planejamento, as questões de estudo foram estabelecidas, as bases de dados foram selecionadas e os termos de busca formulados. A fase de condução envolveu a extração e análise de dados, seguindo critérios de inclusão, exclusão e qualidade para otimizar os resultados. A Figura 4 ilustra a sequência destas etapas.

Os termos de busca utilizados foram "*confined space*", "*hazardous atmosphere*", "*construction industry*", "*water tanks*", "*sulfate reducing bacteria*", combinados com os operadores booleanos AND e OR. A pesquisa incluiu termos encontrados nos títulos, resumos e palavras-chave de todos os artigos nas bases mencionadas.

Figura 4 – Etapas da Revisão Sistemática da Literatura



Fonte: Autora

De acordo com a figura 4, as etapas mencionadas desempenham um papel fundamental para garantir a qualidade e a relevância da pesquisa, em particular no contexto de uma revisão sistemática da literatura.

1. Definição da questão: Esta etapa estabelece o foco da pesquisa. Uma pergunta de pesquisa claramente definida ajuda a delinear o escopo do estudo e orienta todas as etapas subsequentes.
2. Seleção das bases de dados: A escolha correta das bases de dados é fundamental para acessar fontes de informação relevantes. Isso permite uma pesquisa abrangente que incorpora uma ampla variedade de estudos, aumentando a validade e abrangência das conclusões.
3. Formulação das *strings* de busca: A formulação precisa dos termos de pesquisa assegura que os resultados sejam relevantes para a questão de pesquisa. Isto maximiza a eficácia da pesquisa, economizando tempo e garantindo a relevância dos artigos encontrados.

4. Extração dos dados: Esta etapa envolve a seleção de informações relevantes dos artigos recuperados. Isto é feito com base em critérios predefinidos, o que garante que apenas informações de alta qualidade e pertinentes sejam utilizadas no estudo.
5. Análise dos dados: Aqui, os dados extraídos são avaliados e interpretados. Isso permite a identificação de tendências, padrões e lacunas nos dados, que por sua vez podem levar a conclusões significativas.
6. Síntese dos dados: Nesta etapa, as descobertas de diferentes estudos são combinadas para formar uma imagem mais completa do tópico de pesquisa. Isso pode proporcionar insights que não estariam disponíveis a partir de estudos individuais.
7. Conclusão: Esta é a fase final da pesquisa onde os resultados são resumidos e as conclusões são tiradas. Esta etapa também pode incluir recomendações para futuras pesquisas, baseadas nas lacunas identificadas durante a análise dos dados.

Ao seguir este fluxo, foi possível conduzir uma pesquisa sistemática e abrangente, fornecendo insights significativos sobre a questão de pesquisa. No contexto da segurança do trabalho em espaços confinados, este processo é fundamental para consolidar a compreensão existente, identificar áreas onde mais pesquisas são necessárias e informar a implementação de medidas de segurança eficazes.

### **3.1.2 Critérios de seleção**

A pesquisa focou em artigos em inglês, publicados em periódicos, que se enquadravam em determinados critérios. Foram incluídos estudos que discutiam espaços confinados, atividades realizadas em espaços confinados em canteiros de obras, atmosferas potencialmente perigosas, serviços em reservatórios, caixas d'água, castelos d'água, poços de visita e estações elevatórias em obras, e publicados entre 2012 e 2022. Os critérios de exclusão incluíram estudos publicados antes de 2012, os que tinham pontuação zero (isto é, os termos de busca não apareciam no título, resumo ou palavras-chave) e aqueles que não discutiam espaços confinados.

### **3.2 Aplicação de questionários de pesquisa e lista de verificação**

*Lu et al.* (2020) empregaram a realidade virtual em treinamentos de socorristas, utilizando um questionário para examinar a percepção dos participantes sobre os riscos em espaços confinados. *Mentes e Mollaahmetoglu* (2022) aplicaram questionários a 47 funcionários para identificar

riscos durante a entrada e operações em espaços confinados. Nos Estados Unidos, Smith *et al.* (2018) utilizaram um questionário com 39 perguntas para avaliar a eficácia do treinamento de entrada e resgate em espaços confinados de aeronaves e verificar a adoção de melhores práticas pela equipe de resgate e combate a incêndio.

No que se refere à gestão de riscos, Burlet-Vienney *et al.* (2015) desenvolveram um questionário de caracterização de espaços confinados para especialistas em gestão de entrada, e propuseram uma ferramenta para avaliação dos riscos. Gonzalez-Cortes *et al.* (2022), com o objetivo de apresentar soluções para redução de riscos em espaços confinados baseadas em princípios de design seguro, usaram um questionário com 15 especialistas a fim de analisar suas percepções, experiências e contribuições.

### **3.2.1 Percepção dos especialistas e dos administradores de condomínio sobre os riscos e sua gestão**

Inspirada nos estudos de Lu *et al.* (2020), Menten e Mollaahmetoglu (2022), Smith *et al.* (2018), Burlet-Vienney *et al.* (2015) e Gonzalez-Cortes *et al.* (2022), esta pesquisa desenvolveu dois questionários, ajustando as perguntas para explorar mais profundamente a percepção dos profissionais sobre os riscos em espaços confinados nas obras e nos condomínios. O primeiro questionário incluiu questões objetivas divididas em três seções: informações gerais; percepção de risco (14 perguntas); e gestão de riscos (9 perguntas), totalizando 23 perguntas. No segundo, aplicado foram consideradas 18 questões objetivas.

Os profissionais escolhidos para responderem ao primeiro questionário incluíram especialistas em Saúde e Segurança do Trabalho (SST), engenheiros civis, supervisores e gerentes de obras, pois enquanto os primeiros são fundamentais às orientações seguras para realização dos processos, os demais participantes são tomadores de decisão, impactando no desempenho das atividades. Participaram um total de 30 profissionais, distribuídos em obras no Recife e Grande Recife. O critério de seleção baseou-se na experiência e envolvimento no planejamento e execução de serviços em espaços confinados, especificamente na Indústria da Construção, excluindo as demais indústrias. No segundo questionário participaram 21 pessoas, sendo síndicos, administradores de condomínio e encarregados de serviços gerais, estabelecidos em condomínios no Recife e região metropolitana. Os dados coletados foram analisados e apresentados em percentuais, utilizando o método de Amostragem por Conveniência.

### **3.2.2 Caracterização dos espaços confinados**

Um terceiro questionário, contendo quinze perguntas objetivas de múltipla escolha, foi utilizado durante as visitas aos canteiros de obras. O objetivo deste questionário era classificar os espaços confinados, identificando características como: identificação, geometria, dimensões, número de entradas e material de construção.

### **3.2.3 Monitoramento nos espaços confinados**

Durante as visitas aos canteiros de obras, também foi utilizada uma lista de verificação composta por 17 perguntas objetivas de múltipla escolha. Esta ferramenta nos permitiu verificar o monitoramento dos espaços confinados, especificamente no cumprimento dos requisitos mínimos da norma e na implementação de medidas de controle.

## **3.3 Medições das concentrações atmosféricas e níveis de oxigênio nos espaços confinados**

### **3.3.1 Objeto de estudo**

Foram realizadas medições das concentrações atmosféricas e dos níveis de oxigênio em sete reservatórios superiores, dois reservatórios inferiores e uma casa de bombas. O objetivo era analisar se os espaços confinados, tanto "perturbados" quanto "não perturbados", podem desenvolver uma atmosfera nociva à vida e à saúde dos trabalhadores. As concentrações observadas foram então registradas e documentadas. Um quadro com os valores de todas as medições será apresentado nos resultados.

### **3.3.2 Instrumentos de medição**

Foram utilizados dois sensores sem fio de resposta rápida para realizar as medições. O primeiro é o modelo MP 400P da MPower, com número de série M00405000118 e certificado de calibração 22-0291. Esse sensor realiza a leitura de cinco gases: Oxigênio (O<sub>2</sub>), Limite Inferior de Explosividade (LEL), Sulfeto de Hidrogênio (H<sub>2</sub>S), Monóxido de Carbono (CO) e Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

O segundo sensor é o modelo G7C-P-Himo da BlacklineSafety, com número de série 3569012881 e certificado de calibração 23-0111, capaz de monitorar quatro gases: Oxigênio, LEL, H2S e CO. Esses dispositivos sem fio são eficazes para monitorar riscos atmosféricos em espaços confinados em todas as indústrias, pois permitem uma resposta em tempo real, sendo ideais para atividades de alto risco.

Ambos os sensores são integrados à plataforma Blackline Live, uma ferramenta baseada em nuvem para gerenciamento de dispositivos de segurança conectados à internet. Esta plataforma possibilita o registro e visualização das informações em tempo real, produzindo relatórios e gráficos e eliminando a necessidade de coleta manual de dados.

### **3.3.3 Escolha dos locais para o monitoramento**

Duas situações distintas foram escolhidas para a realização das medições. Na primeira, as medições ocorreram em um condomínio com reservatórios em uso. O objetivo era verificar a presença de atmosferas imediatamente perigosas à vida e saúde dos trabalhadores (IPVS) durante a limpeza ou manutenção desses locais. O sensor MPower, modelo MP 400P, foi utilizado nessas condições, dada a sua capacidade de detectar CO<sub>2</sub>, um gás comum em locais com lodo.

A segunda situação envolveu reservatórios ainda em processo de construção em canteiros de obras. As atividades monitoradas incluíam limpeza dos espaços, regularização das superfícies, tratamento de trincas e impermeabilização. O objetivo era o mesmo da primeira situação: verificar a possibilidade de ocorrência de uma atmosfera IPVS durante a execução desses serviços. Além dos reservatórios, uma casa de bombas também foi analisada.

Nas obras, foi utilizado o sensor sem fio BlacklineSafety, modelo G7C-P-Himo, que, embora não faça a leitura de CO<sub>2</sub>, ainda fornece dados relevantes para a pesquisa.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Resultados do mapeamento

Na pesquisa inicial, foram identificados 2.122 artigos. Após a aplicação dos critérios de seleção, o seguinte foi observado:

- 83 artigos foram eliminados devido à repetição;
- 1.914 artigos foram descartados após a leitura dos títulos;
- 2 artigos foram excluídos por possuírem resumos incompletos;
- 89 artigos foram rejeitados por não se adequarem ao tema proposto;
- 13 artigos foram descartados por não estarem disponíveis para leitura.

O fluxograma PRISMA da Figura 5 apresenta todas as etapas de identificação, seleção e inclusão, além das bases de dados pesquisadas.

De acordo com a figura 5, os dados indicam um processo rigoroso e sistemático de seleção de artigos para a pesquisa. De um total de 2.122 artigos inicialmente encontrados, muitos foram excluídos por várias razões como repetição, irrelevância ao tema, resumos incompletos e indisponibilidade para leitura. Apenas um pequeno conjunto de artigos atendeu a todos os critérios de inclusão, evidenciando a importância de um processo seletivo criterioso. O uso do fluxograma PRISMA destaca a aplicação de uma metodologia reconhecida para garantir a transparência e o rigor na condução e comunicação da revisão sistemática.

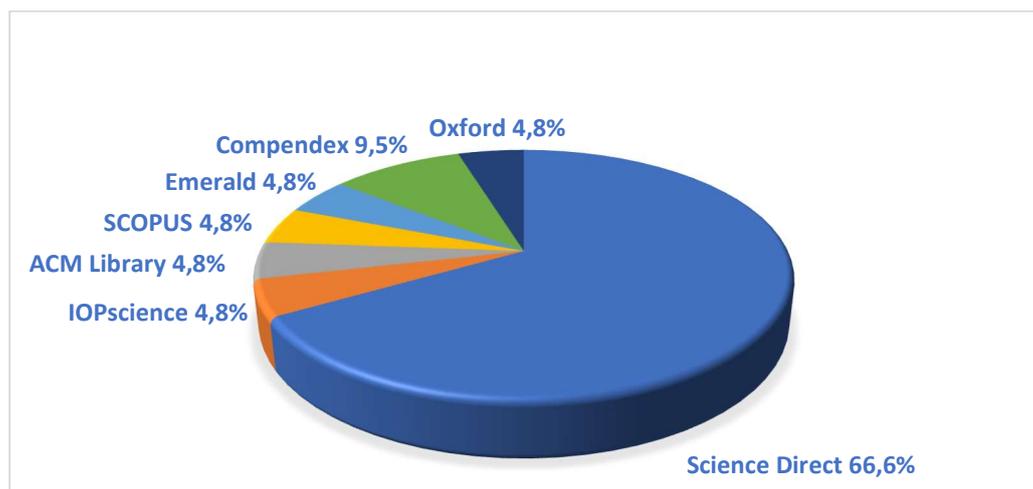
Figura 5 – Fluxograma Prisma



Fonte: Autora

Após aplicar todos os critérios de seleção, 21 artigos relevantes para o estudo foram retidos. Desses, 66,6% (14 artigos) foram obtidos da *Science Direct*, 4,8% (1 artigo) da *IOPscience*, 4,8% (1 artigo) da *ACM Digital Library*, 4,8% (1 artigo) da *SCOPUS*, 4,8% (1 artigo) da *Emerald*, 9,5% (2 artigos) da *Compendex* e 4,8% (1 artigo) da *Oxford*. A Figura 6 ilustra a distribuição desses artigos pelas diferentes bases de dados.

Figura 6 – Distribuição dos artigos por bases de dados



Fonte: Autora

De acordo com a figura 6, a base *Science Direct* foi a mais valiosa para a pesquisa, fornecendo 66,6% dos 21 artigos relevantes. Outras bases, como *IOPscience*, *ACM Digital Library*, *SCOPUS*, *Emerald* e *Oxford*, tiveram contribuições menos significativas, sugerindo que elas possuem menos conteúdo sobre o tema ou que seus sistemas de busca são menos eficientes para essa pesquisa em particular. Por outro lado, *Compendex* se destacou, oferecendo mais artigos do que a maioria das outras bases, com exceção da *Science Direct*. A diversidade de fontes utilizadas indica uma abordagem de pesquisa abrangente, buscando a máxima cobertura de literatura pertinente ao tema.

## 4.2 Resultados bibliométricos

A pesquisa revelou que os artigos selecionados se originaram de diversos países, com destaque para a China e a Austrália. O quadro 4 apresenta a distribuição desses artigos, especificando o país de origem, ano de publicação, plataforma e periódico em que foram publicados.

Quadro 4 – Informações globais da procedência dos artigos

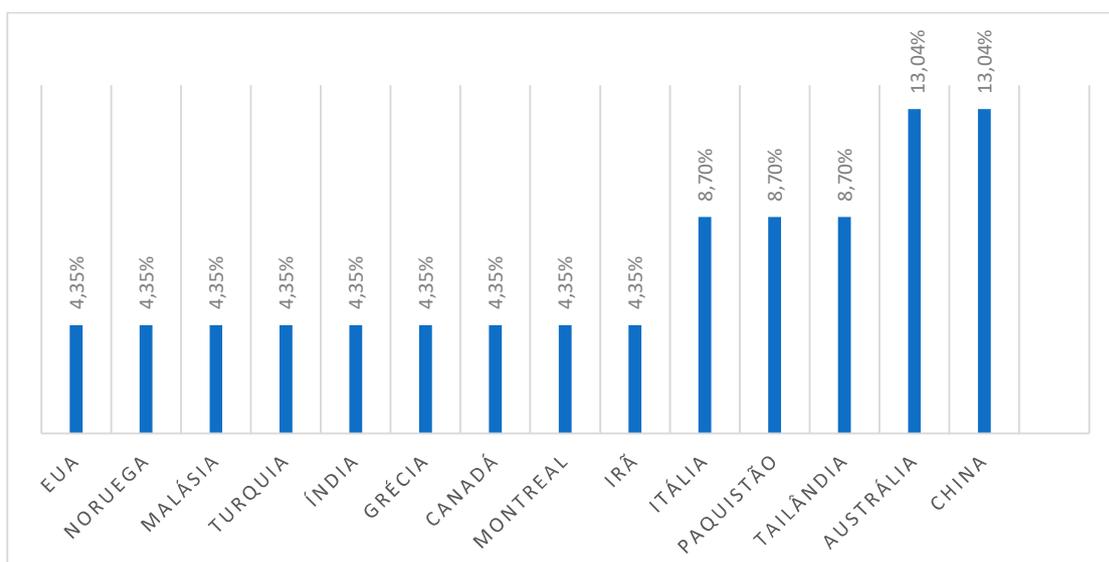
Título dos Artigos Pesquisados				
	País	Ano	Base de Dados	Periódicos
An integrated holistic approach to health and safety in confined spaces	Itália	2018	Science Direct	Journal of Loss Prevention in the Process Industries
An investigation into the rate and mechanism of incident of work-related confined space fatalities	Austrália	2018	Science Direct	Safety Science
Applications of wireless sensor networks to improve occupational safety and health in underground mines	Austrália	2022	Science Direct	Journal of Safety Research
Serious Game: Confined Space Rescue Based on Virtual Reality Technology	China	2020	ACM Digital Library	Association for Computing Machinery
BIM and sensor-based data management system for construction safety monitoring	Paquistão	2017	Emerald	Journal of Engineering, Design and Technology
Characterization of Occupational Exposure to Air Contaminants in Modern Tunnelling Operations	Noruega	2014	Oxford	The Annals of Occupational Hygiene
Comparison of the Main Factors of Drowning/Asphyxiation in Construction Projects Using Multi-Decision Criteria	Malásia	2022	IOPScience	Earth Environ
Confined space rescue: A proposed procedure to reduce the risks	Austrália	2018	Science Direct	Safety Science
CoSMoS: A BIM and wireless sensor based integrated solution for worker safety in confined spaces	Paquistão	2014	Compendex	Automation in Construction
Optimization approach for a climbing robot with target tracking in WSNs	Índia	2018	Science Direct	Journal of Ocean Engineering and Science
A resilient approach of safety assessment for confined space operations on FPSO units	Turquia	2022	Science Direct	Ocean Engineering
Human responses to high air temperature, relative humidity and carbon dioxide concentration in underground refuge chamber	China	2018	Science Direct	Building and Environment
A low cost, mobile e-nose system with an effective user interface for real time victim localization and hazard detection in USaR operations	Grécia	2021	Science Direct	Measurement: Sensors
A numerical simulation study on the formation and dispersion of flammable vapor cloud in underground confined space	China	2017	Science Direct	Process Safety and Environmental Protection
Assessment of confined space entry and rescue training for aircraft rescue and fire fighting (ARFF) members in the United States	EUA	2018	Science Direct	Journal of Safety Research
Design and application of a 5 step risk assessment tool for confined space entries	Montreal	2015	Science Direct	Safety Science
Design of a digital tool for the identification of confined spaces	Itália	2022	Science Direct	Journal of Loss Prevention in the Process Industries
Exploring the Contributory Factors of Confined Space Accidents Using Accident Investigation Reports and Semistructured Interviews	Irã	2019	Science Direct	Safety and Health at Work
Hazardous atmosphere in the underground pits of rice mills in Thailand	Tailândia	2012	SCOPUS	Asian Biomedicine
Inherently Safer Design (ISD) solutions in confined spaces: Experts' practical feedback in Quebec, Canada	Canadá	2021	Science Direct	Process Safety and Environmental Protection
Low-Oxygen Atmosphere and its Predictors among Agricultural Shallow Wells in Northern Thailand	Tailândia	2015	Science Direct	Safety and Health at Work

Fonte: Autora

De acordo com o quadro 2, a pesquisa em espaços confinados é um campo de interesse global, com contribuições de países diversos como Itália, Austrália, China, Paquistão, Noruega, Malásia, Índia, Turquia, Grécia, EUA, Montreal, Irã, Tailândia e Canadá. A diversidade de periódicos onde esses estudos foram publicados indica a natureza interdisciplinar da pesquisa em espaços confinados, envolvendo áreas como engenharia, tecnologia, saúde ocupacional e segurança no trabalho. Observa-se um interesse constante nessa área ao longo de uma década, de 2012 a 2022, com foco em vários aspectos, desde saúde e segurança até uso de tecnologia de sensores e design de espaços confinados. A aplicabilidade dessas pesquisas é ampla, abrangendo setores específicos como mineração, construção e aviação.

Estas informações sinalizam que esta temática é abordada nos mais diversos países, muito embora possa não representar a realidade completa, devido a esses dados estarem limitados apenas aos artigos encontrados na pesquisa. A distribuição geográfica dos artigos, em percentuais, pode ser melhor visualizada na figura 7.

Figura 7 – Percentuais das produções por países



Fonte: Autores

De acordo com a figura 7, a distribuição dos artigos por país sugere que os países mais industrializados e com economias mais ativas estão liderando a pesquisa em espaços confinados. A China e a Austrália, por exemplo, são reconhecidas por suas indústrias robustas e avançadas. Essa informação indica que esses países estão investindo em pesquisas e desenvolvimento nessa área, o que pode resultar em avanços tecnológicos e melhores práticas de segurança.

No contexto do Brasil, essa distribuição aponta para uma oportunidade de fortalecer a pesquisa e o desenvolvimento de pesquisas sobre espaços confinados. O país possui uma indústria da construção civil significativa, além de outros setores que também trabalham em ambientes confinados, como o petróleo e gás, mineração e agricultura. Investir em pesquisas nessa área pode contribuir para a adoção de melhores práticas de segurança, aprimoramento das técnicas de monitoramento e controle de riscos, e o desenvolvimento de soluções inovadoras para garantir a saúde e a segurança dos trabalhadores em espaços confinados. Além disso, promover parcerias internacionais e intercâmbio de conhecimentos pode ampliar o acesso a boas práticas e contribuir para o avanço científico e tecnológico do país nessa área específica.

#### **4.2.1 Gestão: Monitoramento e controle dos riscos nos espaços confinado**

A pesquisa RSL forneceu informações sobre espaços confinados em várias indústrias. O objetivo principal foi analisar, por meio do monitoramento dos gases, se a atmosfera presente em reservatórios, caixas d'água, castelos d'água, casa de bombas, poços de visita e estação elevatória de esgoto representa riscos à segurança e saúde dos trabalhadores durante atividades de manutenção, limpeza e construção. O intuito é contribuir para a melhoria dos padrões de segurança na construção civil. Observou-se que essa temática ainda é pouco explorada, mesmo sendo uma atividade de alto risco. Poucos estudos têm sido direcionados para definir como tratar e gerenciar os riscos do trabalho em espaços confinados, o que é especialmente preocupante no contexto da Indústria da Construção (Botti *et al.*, 2015, 2016; Burlet Vienney *et al.*, 2015a).

Bakke *et al.* (2014) conduziram um estudo sobre a exposição a contaminantes na construção de túneis na Noruega. O estudo envolveu 90 trabalhadores distribuídos em 11 canteiros de obras e divididos em diferentes grupos de atividades. Cada trabalhador utilizou equipamentos individuais de amostragem e os resultados revelaram que os perfuradores de poços, injetores e operadores do concreto projetado foram expostos a concentrações de massa de aerossol torácico mais elevadas em comparação aos demais grupos. Além disso, os perfuradores de poços estavam expostos a concentrações de  $\alpha$ -quartz, assim como os trabalhadores de apoio. A Amônia (NH<sub>3</sub>) foi o contaminante que apresentou maior exposição para os operadores de concreto projetado, perfuração e explosão.

D'U *et al.* (2022) desenvolveram um modelo de Análise de Processo Hierárquico (AHP) para investigar os fatores e subfatores relacionados a afogamento/asfixia em projetos de construção

na Malásia. O estudo envolveu entrevistas estruturadas com 3 especialistas e a análise de 308 casos relatados ao DIOSH, no período de 2010 a 2019. Os resultados revelaram que alguns estados apresentaram maior incidência de afogamentos e asfixias, principalmente devido a novos desenvolvimentos de infraestrutura, construção de megaestruturas e proximidade com corpos d'água.

Com base no modelo proposto, os principais fatores contribuintes para os acidentes foram: comportamento perigoso dos trabalhadores (80,98%), condições perigosas do local (10,89%) e fatores de gestão (8,13%). Dentro do fator "comportamento perigoso dos trabalhadores", destacaram-se subfatores como conclusão precipitada do trabalho, não conformidade com práticas de trabalho padrão, não uso ou uso inadequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e julgamento equivocado de situações perigosas. No fator "condições perigosas do local", os subfatores destacados foram procedimentos de trabalho e operação inseguros, bem como a presença de gases tóxicos. Por fim, no fator "gestão", os subfatores relevantes foram restrição financeira, falta de supervisão, falta de avaliação de risco e não fornecimento de EPI.

Selman *et al.* (2019) conduziram a análise de três estudos de caso em espaços confinados e constataram que as mortes ocorreram devido à falha ou ausência de procedimentos de segurança (principalmente relacionados à falta de permissão para o trabalho), testes atmosféricos, pontos de ancoragem, drenagem dos grãos, fixação de linha de vida para acesso seguro, equipamentos de resgate, máscaras autônomas, não cumprimento de um plano de resgate e falta de equipamentos adequados para o resgate. Como solução, eles propuseram um procedimento dividido em cinco etapas para reduzir os riscos nos resgates: reconhecimento da tarefa de resgate, eliminação ou redução dos perigos, acesso à vítima, fornecimento de primeiros socorros/salva-vidas à vítima e desembarço da vítima conforme necessário.

Li *et al.* (2018) conduziram um monitoramento dos agentes ambientais em uma câmara climática subterrânea na China, analisando a resposta térmica, resposta fisiológica e os sintomas agudos de saúde em 32 trabalhadores. O objetivo foi investigar o efeito combinado do aumento da temperatura ambiente (TA), umidade relativa (HR) e concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Os resultados demonstraram que conforme as concentrações de CO<sub>2</sub>, TA e HR aumentavam, um maior número de trabalhadores apresentava sintomas agudos de saúde, como dores de cabeça e fadiga significativa. Por outro lado, quando essas concentrações eram reduzidas, observou-se uma ausência dos sintomas agudos ou uma diminuição no número de

trabalhadores afetados, indicando uma alteração nas condições. O estudo concluiu que a combinação de altas concentrações de TA, HR e CO<sub>2</sub> resulta em respostas e sintomas agudos de saúde diferentes em indivíduos.

He *et al.* (2017) conduziram um estudo de simulação numérica para investigar a formação e dispersão de uma nuvem de vapor inflamável em um espaço confinado subterrâneo, utilizando um método de modelagem numérica. O estudo simulou um vazamento de um tanque durante o processo de carregamento de combustível para simular uma grande perda respiratória. Os resultados mostraram que após o derramamento da gasolina, uma nuvem de vapor de combustível-ar com uma concentração igual ou superior a 20% do Limite Inferior de Explosividade (LEL) foi formada e dispersada rapidamente. Observou-se que, em apenas 10 segundos após o início do vazamento, a mistura de vapor apareceu na câmara de entrada do tanque. Após 90 segundos, a nuvem se espalhou para o túnel de cruzamento e, em 120 segundos, alcançou uma estabilidade em 87%. Após 360 segundos, a nuvem se espalhou para o túnel direito e, em 540 segundos, atingiu uma concentração perigosa, preenchendo as saídas direita e esquerda dos túneis.

Yenjai *et al.* (2012) descreveram as concentrações de oxigênio e gases perigosos em seis grandes fábricas de arroz na Tailândia. Os resultados das medições mostraram que as concentrações de CO<sub>2</sub> e Monóxido de Carbono (CO) aumentaram com o aumento do teor de umidade, mas permaneceram abaixo das Condições Imediatamente Perigosas à Vida e Saúde (IPVS). A concentração de Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) variou, mas não excedeu o valor padrão. A taxa mais alta de oxigênio (O<sub>2</sub>) foi de 21,6%, e a mais baixa foi de 19,9%. O estudo concluiu que os valores medidos estavam abaixo dos níveis considerados perigosos para a condição atmosférica em todas as áreas da fábrica, não representando riscos para os trabalhadores.

Gonzalez-Cortes (2022) analisou 18 estudos de caso sobre a desclassificação de espaços confinados, com base no princípio de designer seguro. Dos especialistas entrevistados, 93,3% destacaram a importância da desclassificação como uma solução para eliminar espaços confinados, apresentando três abordagens: i) eliminação total, por meio da redução do tamanho do espaço para impedir a entrada; ii) desclassificação orientada para o perigo, através da instalação de dispositivos permanentes, como pontos de ancoragem e iluminação contínua; e iii) desclassificação organizacional, projetando ou modernizando estruturas que permitam que os trabalhadores entrem e saiam de espaços confinados sem restrições, reduzindo a carga

administrativa dos regulamentos. A pesquisa indicou que a priorização da eliminação total do espaço confinado oferece melhor proteção aos trabalhadores, simplifica as atividades e reduz os custos. Recomendou-se o uso de drones, robôs, testes não destrutivos, termografias, sensores de vibração, bem como a instalação de espelhos e janelas para reduzir o número de entradas necessárias pelos trabalhadores.

Wuthichotwanichgij and Geater (2015) realizaram uma análise da atmosfera de 253 poços rasos utilizados na agricultura e documentaram a variação dos níveis de oxigênio e dos gases perigosos presentes nesses poços. Os resultados demonstraram que à medida que a profundidade aumentava, os níveis de oxigênio diminuía. Cerca de 67 poços (26,5%) apresentavam níveis de oxigênio inferiores a 20,9%, e 57 poços (22,5%) tinham níveis abaixo de 19,5% (poços de baixo teor de oxigênio). A prevalência de poços com baixo teor de oxigênio variava de 10% a 45%, sendo a maioria deles poços mais antigos. O estudo também constatou que em um pequeno número de poços, gases perigosos como CO<sub>2</sub>, Sulfeto de Hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e % LEL foram detectados em níveis baixos, não representando um perigo imediato. Além disso, identificou-se que 39 poços (15,4%) apresentavam níveis de oxigênio abaixo de 16%, considerados extremamente perigosos.

Por fim, Naghavi *et al.* (2019) conduziram um estudo utilizando 21 relatórios de investigação, entrevistas semiestruturadas e o Sistema de Análise e Classificação de Fatores Humanos (HFACS) para identificar as causas e os fatores contribuintes para acidentes fatais em espaços confinados na indústria de gás e petróleo. Durante a pesquisa, eles estabeleceram uma hierarquia de influência com quatro níveis. Foi constatado que atos inseguros foram responsáveis por 7,2% dos acidentes, pré-condições de atos inseguros por 9%, supervisão insegura por 36%, influências organizacionais por 41% dessas causas, e, por último, influências externas, representadas por políticas governamentais, situação econômica, leis, regulamentos e padrões.

Diante do exposto, as informações fornecidas pelos diferentes estudos destacam a importância de abordar os riscos nos espaços confinados, adotando medidas preventivas, garantindo o uso adequado de equipamentos de proteção individual (EPI), promovendo a conformidade com práticas de trabalho padrão, realizando testes atmosféricos e assegurando uma supervisão adequada. Além disso, ressaltam a necessidade de mais pesquisas e estudos direcionados para melhorar a segurança e a saúde dos trabalhadores em espaços confinados, considerando os diversos fatores que contribuem para acidentes nesse ambiente.

#### 4.2.2 Inovação tecnológica na gestão e controle dos riscos

A transformação digital está remodelando o trabalho em várias indústrias, impulsionando o progresso e aprimoramento dos sistemas. A tecnologia desempenha um papel fundamental nessas mudanças, oferecendo diversos benefícios em um mundo globalizado, incluindo a substituição do trabalho humano em ambientes considerados perigosos. No entanto, as evidências indicam que as empresas têm sido pouco receptivas à adoção de novas tecnologias em campo, ainda dependendo de métodos tradicionais de mitigação de riscos, como autorizações de trabalho e medições de gás (BURLET-VIENNEY *et al.*, 2015).

Botti *et al.* (2018) propuseram a integração de tecnologias autônomas ou semiautônomas durante a fase de operação como uma forma de evitar o acesso humano a espaços confinados. Em seu estudo, eles sugeriram o uso de robôs de soldagem automatizados para reduzir ou eliminar o risco envolvido nas atividades de soldagem nesses espaços. Esses robôs são compostos por braços manipuladores programáveis equipados com sistemas de automação de soldagem, eliminando a necessidade da presença do trabalhador na área de perigo. No entanto, Dandan *et al.* (2016) ressaltam que dispositivos como drones e robôs são dispendiosos, exigem conhecimento técnico especializado e são de aplicabilidade limitada em médias e pequenas empresas.

Riaz *et al.* (2014) propuseram uma solução integrada para a segurança do trabalhador em espaços confinados, utilizando sensores sem fio e Building Information Modeling (BIM). Seu objetivo era identificar as causas de acidentes e destacar a importância do monitoramento em tempo real por meio de tecnologias. Eles testaram um sistema protótipo chamado CoSMoS, que monitorava os níveis de oxigênio e temperatura, e destacava áreas problemáticas no modelo Revit. O sistema também enviava alertas e notificações para smartphones, permitindo que os profissionais de Segurança e Saúde tomassem as medidas necessárias caso os sensores atingissem os limites estabelecidos. Verificou-se que essa solução não era aplicável apenas durante a fase de construção, mas também no gerenciamento das instalações, visando garantir a segurança dos ocupantes do edifício.

Em uma segunda pesquisa, Riaz *et al.* (2017) investigaram as condições térmicas em espaços confinados em tempo real, utilizando sensores sem fio e BIM. O objetivo era melhorar a eficiência do protótipo COSMOS. Vários bancos de dados foram testados para determinar qual

melhor se adequava ao modelo do protótipo. A avaliação comparou os bancos de dados, analisando o tempo médio de leitura e gravação, e identificou um melhor desempenho em determinadas operações. O estudo concluiu que o MongoDB foi o banco de dados mais eficiente, com um tempo de leitura de 2 minutos e um tempo de gravação de 50 minutos, superando todos os outros bancos de séries temporais testados.

Tiwari *et al.* (2018) desenvolveram um protótipo de um robô magnético escalador de paredes otimizado para transportar materiais em espaços confinados na indústria naval. Comparado a outros robôs com o mesmo propósito, o protótipo apresentou melhorias no sistema, especialmente em termos de força e capacidade de deslocamento. Durante a transição entre superfícies, não ocorreram travamentos, diferentemente de robôs com rodas magnéticas convencionais. A estrutura do protótipo permitiu um deslocamento mais suave, evitando problemas nos pontos de transição. Para garantir a segurança, o protótipo adotou um coeficiente de atrito mais elevado e uma parada elétrica de emergência.

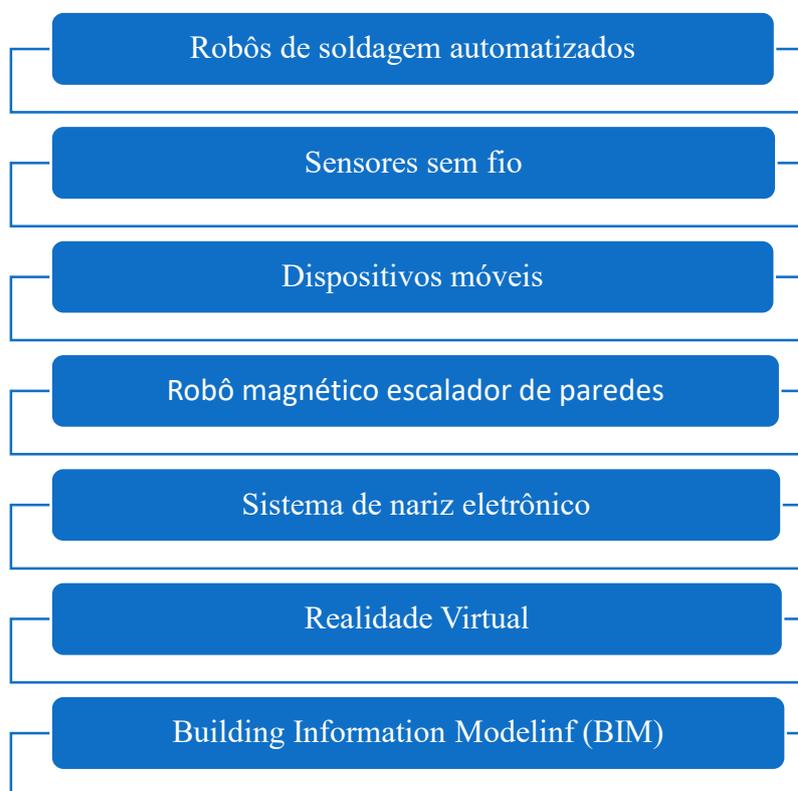
Botti *et al.* (2022) propuseram a criação de um algoritmo móvel para auxiliar na identificação de espaços confinados, visando orientar profissionais de segurança, empregadores e empregados. A ferramenta digital classificava os espaços como "suspeitos confinados" e tinha como objetivo aumentar a conscientização dos trabalhadores sobre os riscos envolvidos. O estudo avaliou quatro categorias de confinamento: geometria, acesso, configuração interna e atmosfera. Em três estudos de casos realizados em diferentes indústrias, constatou-se a presença das categorias "acesso" e "atmosfera". Com base nas condições encontradas, o algoritmo sugeriu evitar a entrada nos espaços e redesenhar ou redefinir as atividades.

Anyfantis, Silis, and Blionas (2021) desenvolveram o sistema e-nose, um nariz eletrônico dotado de robô e sensores, para operações de busca e resgate urbano. O objetivo era detectar vítimas presas em escombros de edifícios desmoronados, especialmente em espaços confinados e mal ventilados. Durante a simulação no canteiro de obras, voluntários adentraram os espaços sob a supervisão de observadores. O sistema foi testado quanto à detecção de indicadores como presença humana, aproximação, ponto de interesse, status, substâncias tóxicas e combustíveis. Os gases de interesse para localização das vítimas foram CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub>. Após testes em intervalos de 10 segundos a 5 minutos, constatou-se que nenhum indicador foi acionado em um espaço confinado sem a presença de vítimas. No entanto, ao testar o e-nose no mesmo espaço

com a presença de uma vítima, os indicadores de O2 e CO2 foram ativados, com sucesso, indicando a presença humana.

Lu, Song *et al.* (2020) utilizaram a Realidade Virtual (VR) em um jogo sério para simular resgates em espaços confinados, especificamente em um bueiro na China. O estudo empregou modelos humanos 3D personalizados para representar trabalhadores presos, visando explorar a preparação, o resgate e a fase de recuperação. Os participantes, jovens entre 20 e 29 anos, foram divididos em dois grupos: um com experiência em serviços dentro de espaços confinados e outro sem experiência. Antes do treinamento com VR, os participantes sem experiência obtiveram baixo desempenho no questionário, enquanto os outros demonstraram conhecimento limitado, indicando deficiências nos métodos convencionais de treinamento. Após a simulação, todos os participantes apresentaram melhorias em seus conhecimentos, evidenciando a eficácia da VR proposta para o treinamento de resgate em emergências. O Quadro 5 resume as tecnologias mais aplicadas no monitoramento e gestão das atividades em espaços confinados.

Quadro 5 – Resumo das ferramentas tecnológicas utilizadas na gestão e controle dos riscos



Fonte: Autora

De acordo com o quadro 4, os autores abordaram diversas tecnologias aplicadas em espaços confinados, como robôs de soldagem automatizados, sensores sem fio, dispositivos móveis, robô magnético escalador de paredes, sistema de nariz eletrônico, realidade virtual e Building Information Modeling (BIM). Essas tecnologias visam aumentar a segurança e eficiência das operações em espaços confinados, proporcionando soluções como a automação de tarefas, monitoramento em tempo real, identificação de riscos, treinamento imersivo e gestão integrada. A utilização dessas tecnologias pode trazer benefícios significativos para a indústria, garantindo um ambiente de trabalho mais seguro e produtivo.

### **4.3 Análise de dados dos questionários e check list aplicados**

A análise de dados dos questionários aplicados é essencial para compreender a percepção dos riscos nos espaços confinados, a gestão desses riscos e a caracterização desses ambientes. Os questionários fornecem informações gerais, avaliam a percepção dos trabalhadores, identificam lacunas na conscientização, analisam as práticas de gestão e caracterizam os espaços confinados. Essa análise orienta estratégias de prevenção e controle de riscos.

#### **4.3.1 Questionário aplicado aos especialistas em canteiros de obras**

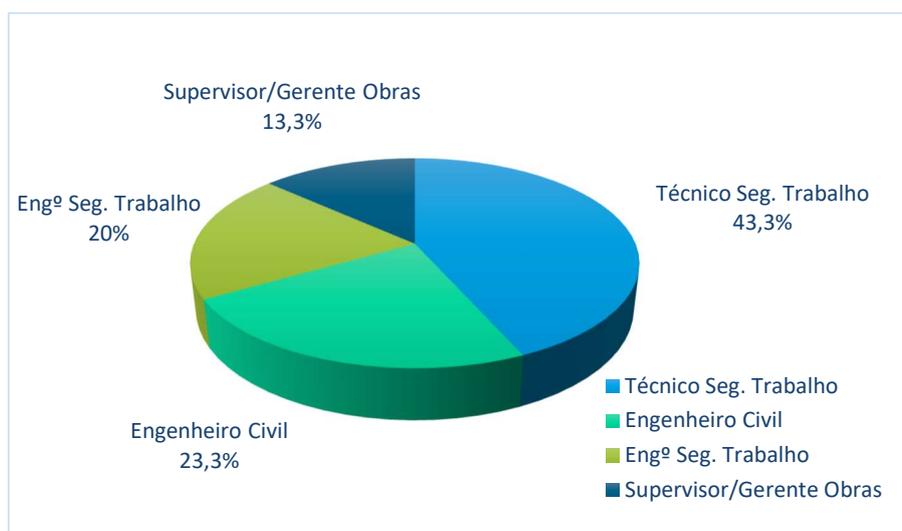
##### **4.3.1.1 Informações gerais**

O primeiro questionário foi aplicado a 30 especialistas com formação técnica e superior, incluindo Técnicos de Segurança do Trabalho, Engenheiros de Segurança do Trabalho, Engenheiros Civis, Supervisores e Gerentes, todos com experiência em atividades realizadas em espaços confinados em canteiros de obras. Os dados coletados no questionário foram analisados para avaliar a percepção desses profissionais em relação aos riscos presentes nesses locais, bem como o gerenciamento desses riscos. O questionário foi dividido em três partes, sendo informações gerais, percepção dos riscos e gestão dos mesmos. Na primeira parte pode-se observar como estão distribuídas as funções dos participantes, bem como o tempo de experiência, cujos percentuais podem ser observados na figura 8.

De acordo com a figura 8, observa-se que a maioria dos participantes é composta por Técnicos de Segurança do Trabalho, o que indica a importância desse profissional na gestão da segurança

em espaços confinados. Além disso, a presença de Engenheiros Civis e Engenheiros de Segurança do Trabalho demonstra a relevância da expertise técnica na abordagem dos riscos nesses ambientes. A presença de Supervisores e Gerentes de Obras também indica a preocupação com a segurança em todos os níveis hierárquicos. Essas informações destacam a importância de uma abordagem multidisciplinar e integrada para a gestão de riscos em espaços confinados, envolvendo profissionais capacitados e experientes.

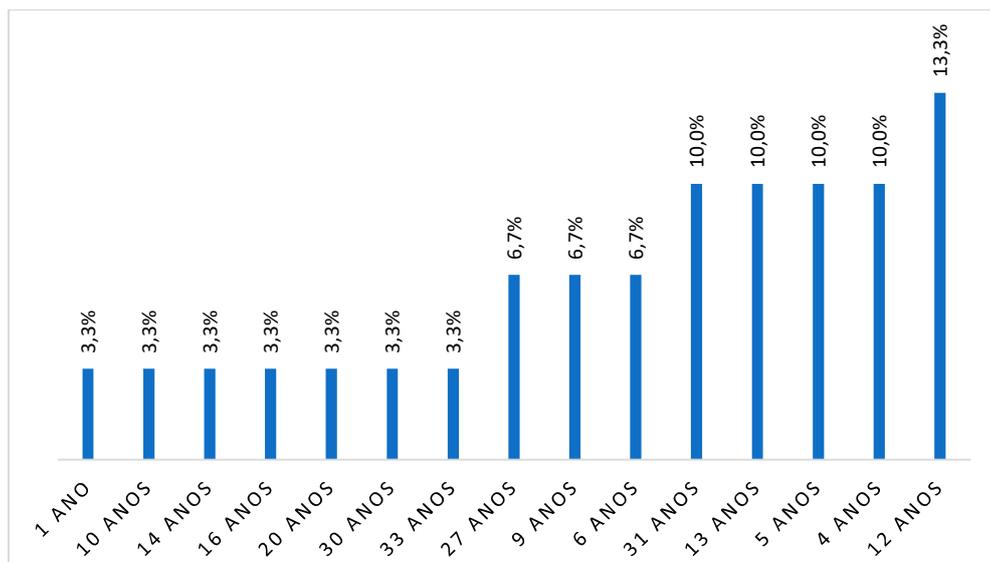
Figura 8 – Percentuais dos especialistas participantes do questionário



Fonte: Autora

Dos 30 participantes, os resultados revelaram uma considerável experiência profissional. Com base na figura 9, é possível fazer algumas ilações. Primeiramente, observa-se uma diversidade de períodos de experiência, abrangendo desde profissionais com poucos anos de atuação até aqueles com mais de três décadas de experiência na função. Isso indica que a amostra engloba tanto profissionais mais jovens e recentemente inseridos na área, como também profissionais mais experientes e com um conhecimento consolidado. Além disso, a presença de profissionais com longos períodos de experiência demonstra uma certa estabilidade e continuidade nas carreiras relacionadas aos espaços confinados. Essa variedade de experiência pode contribuir para uma análise mais abrangente e fundamentada dos riscos e desafios presentes nesses ambientes, levando em consideração diferentes perspectivas e conhecimentos acumulados ao longo do tempo.

Figura 9 – Percentuais dos tempos de experiência dos especialistas na função

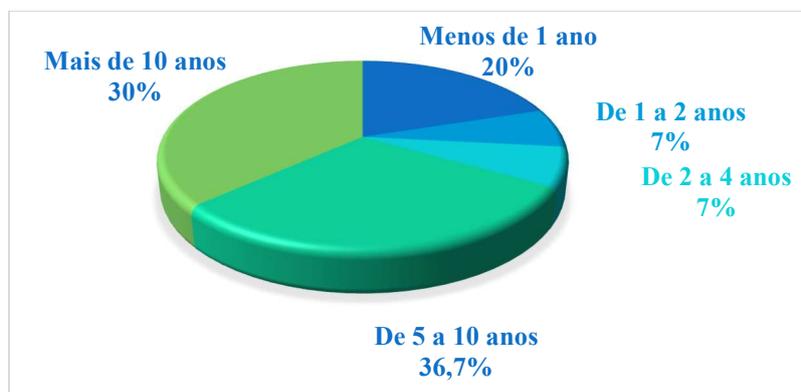


Fonte: Autora

#### 4.3.1.2 Percepção dos riscos nos espaços confinados

A segunda parte do questionário teve como objetivo avaliar a percepção dos participantes em relação aos riscos nos espaços confinados. De acordo com a figura 10, pode-se inferir que a maioria dos participantes possui uma experiência considerável em trabalhos nos espaços confinados, com um número significativo de profissionais tendo mais de 10 anos de experiência. Isso sugere que esses especialistas possuem um conhecimento sólido sobre os riscos envolvidos nesse tipo de ambiente. Além disso, a presença de profissionais com menos de 1 ano de experiência indica a entrada de novos membros na área, os quais podem se beneficiar do conhecimento e da experiência dos profissionais mais experientes. A maioria dos participantes (90%) afirmou que existem espaços confinados nos canteiros de obras em que atualmente trabalham, enquanto uma minoria (10%) informou que não há espaços confinados, pelo menos no momento.

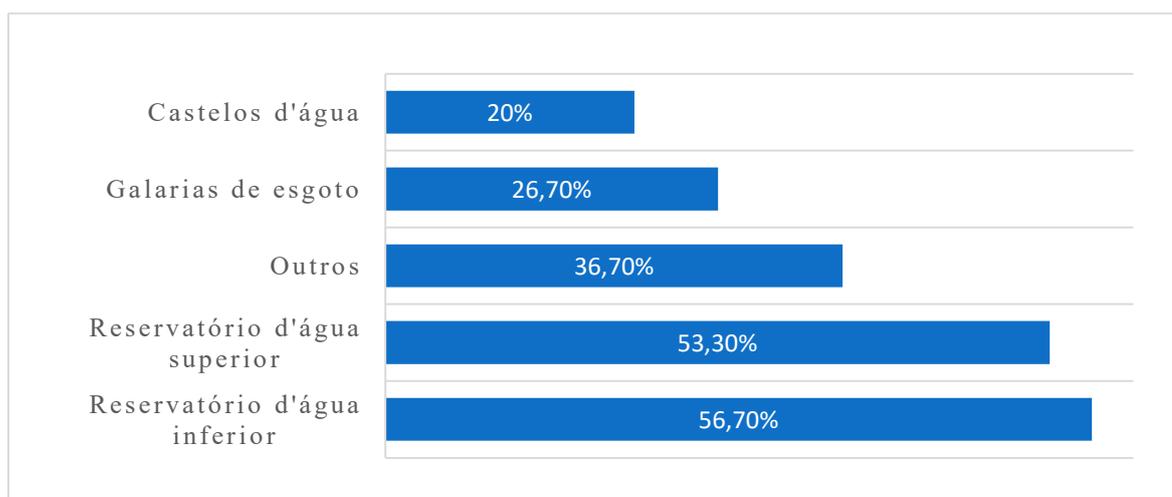
Figura 10 – Tempo de trabalho em espaços confinados



Fonte: Autora

A figura 11 abaixo mostra que a presença de espaços confinados nos canteiros de obras é comum, com a maioria dos participantes relatando sua existência. Os tipos mais frequentes de espaços confinados mencionados incluem reservatórios d'água inferior e superior, castelos d'água, galerias de esgoto e outros tipos não especificados. Isso ressalta a importância de uma abordagem adequada para gerenciar os riscos associados a esses locais, visando garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos.

Figura 11 – Percentuais dos tipos de espaços confinados encontrados



Fonte: Autora

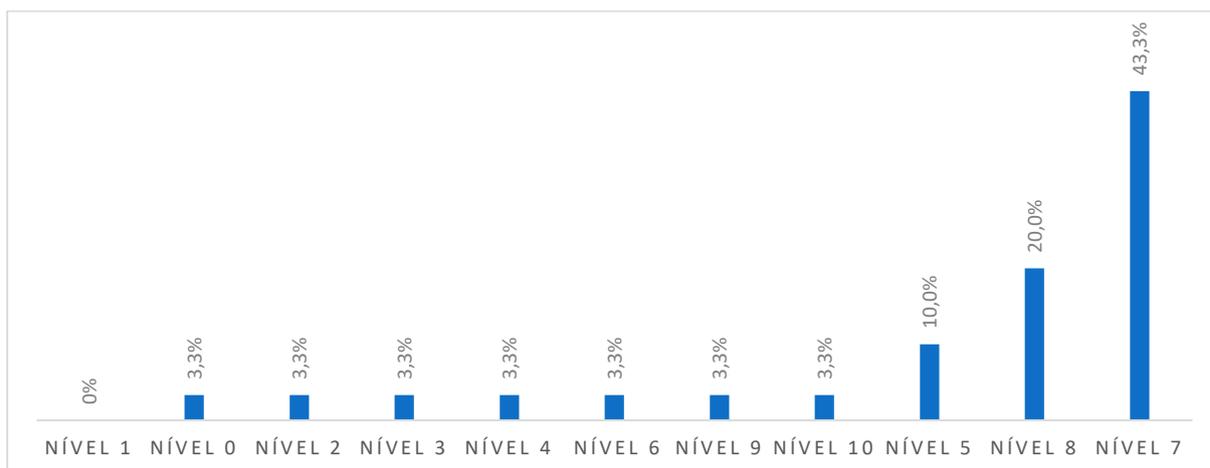
É sabido que, em algumas situações, a entrada do trabalhador em espaços confinados não é necessária, embora não seja comum. Dos participantes questionados, 76,7% afirmaram que a atividade que estavam realizando exigia a entrada no espaço, enquanto 23,3% afirmaram que não era necessária. Quando perguntados se havia outra forma de realizar a tarefa sem acesso ao espaço, 83,3% responderam que não existia, enquanto 16,7% afirmaram que existia. As formas indicadas para realizar as atividades sem a entrada do trabalhador foram o uso de tecnologia e a conclusão prévia dos serviços antes que o espaço fosse caracterizado como confinado.

Isso comprova que a maioria dos profissionais entrevistados reconhece a necessidade de entrada em espaços confinados para realizar determinadas atividades. Porém, constatou-se que uma parcela significativa acredita que não existem alternativas viáveis para executar essas tarefas sem o acesso ao espaço.

A maioria dos entrevistados (90%) afirmou estar familiarizada com os requisitos de segurança para trabalhar em espaços confinados, principalmente com as exigências da NR 33. Essas

informações podem ser visualizadas na figura 12. Com base na figura abaixo é possível deduzir que a grande maioria dos participantes possui conhecimento sobre os requisitos de segurança para trabalhar em espaços confinados, embora nem todos tenham avaliado seu nível de conhecimento como máximo. Esses resultados destacam a importância de promover treinamentos e atualizações regulares sobre as normas de segurança para garantir a proteção dos trabalhadores nesses ambientes.

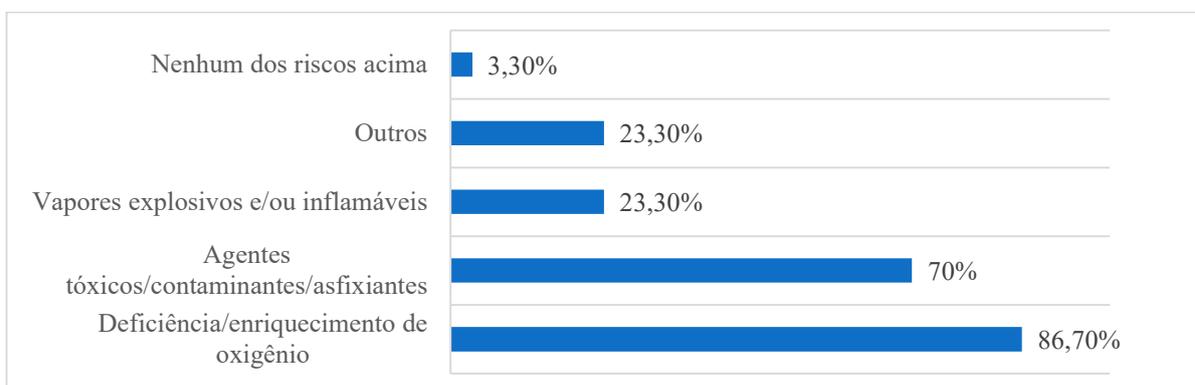
Figura 12 – Nível de conhecimento dos especialistas sobre a NR 33



Fonte: Autora

Com relação aos riscos atmosféricos, pode-se inferir de acordo com a figura 13, que os riscos mais prevalentes em espaços confinados são a deficiência/enriquecimento de oxigênio e a presença de agentes contaminantes/asfixiantes/tóxicos. A identificação desses riscos é crucial para o desenvolvimento de medidas de controle e prevenção adequadas, visando garantir a segurança dos trabalhadores nesses ambientes. Além disso, a ocorrência de vapores explosivos e/ou inflamáveis também foi mencionada como um risco significativo, ressaltando a importância do gerenciamento adequado dessas substâncias nos espaços confinados.

Figura 13 – Riscos atmosféricos mais presentes nos espaços confinados

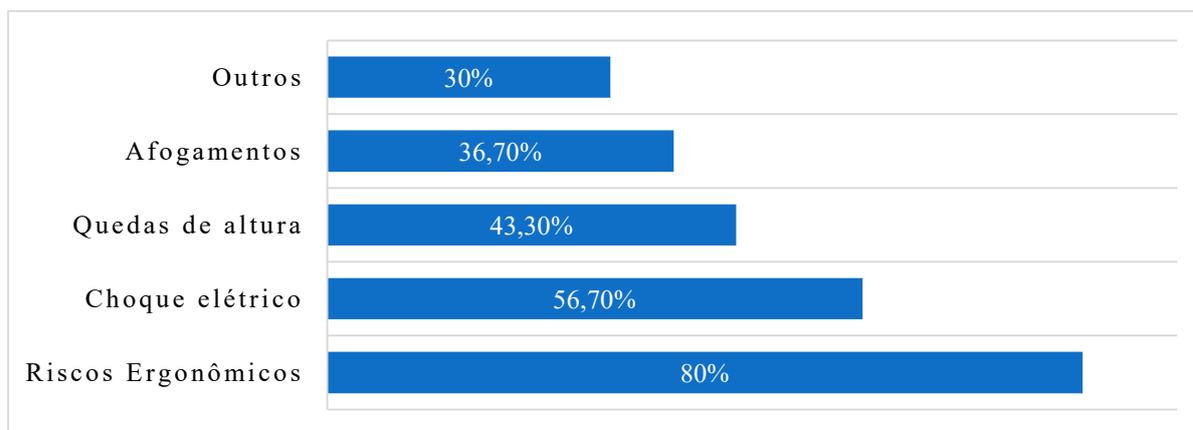


Fonte: Autora

Foram identificados ainda riscos adicionais, que podem aumentar a probabilidade de ocorrência de acidentes. Com base na figura 14, é possível observar que os riscos ergonômicos são uma preocupação significativa nos espaços confinados, pois foram citados como os mais frequentes pelos especialistas. Isso destaca a importância de abordar questões relacionadas à postura, movimentação e ergonomia no planejamento e execução das atividades nesses locais. Além disso, o risco de choque elétrico também foi mencionado, indicando a necessidade de atenção especial aos sistemas elétricos e medidas de proteção contra descargas elétricas. As quedas de altura, afogamentos e outros riscos identificados reforçam a importância de abordar múltiplos aspectos de segurança nos espaços confinados, considerando tanto os riscos atmosféricos quanto os riscos adicionais. Essas informações são relevantes para direcionar estratégias de prevenção e controle de riscos, visando a segurança dos trabalhadores nesses ambientes desafiadores.

A pesquisa questionou sobre as principais dificuldades enfrentadas pelas empresas na aplicação da NR 33. As respostas indicaram que muitos participantes atribuíram essas dificuldades à falta de treinamento adequado dos trabalhadores, evidenciando a falta de capacitação e conhecimento sobre a norma regulamentadora. Além disso, foram mencionadas a falta de conscientização por parte dos empregados, gestores e empregadores, bem como a escassez de equipamentos necessários para garantir a segurança nos espaços confinados. Essas questões revelam desafios importantes que precisam ser abordados para uma efetiva aplicação das diretrizes da NR 33.

Figura 14 – Riscos adicionais presentes nos espaços confinados

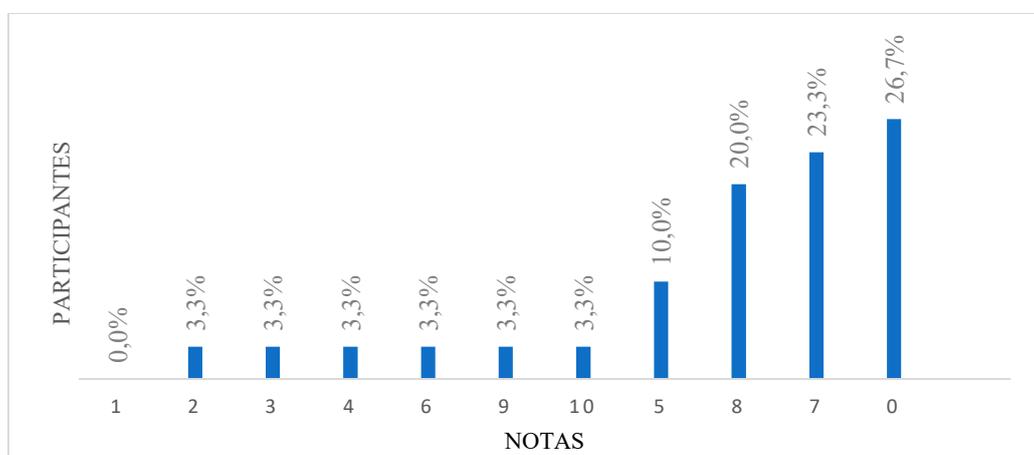


Fonte: Autora

A falta de autonomia e autoridade dos profissionais de Segurança, juntamente com falhas no projeto, falta de fiscalização e falta de liderança, também foram identificados como fatores que dificultam a aplicação da NR 33 nos canteiros de obras. Para superar essas dificuldades, as sugestões levantadas no questionário incluem: intensificar os treinamentos, melhorar sua qualidade; realizar um planejamento adequado dos serviços; conscientizar as lideranças sobre a importância de cumprir integralmente as exigências da norma; investir em programas de capacitação; e disponibilizar recursos necessários. Essas sugestões visam fortalecer a implementação efetiva das diretrizes da NR 33 e promover um ambiente de trabalho mais seguro nos espaços confinados.

Os participantes foram questionados sobre seu conhecimento em relação à ABNT NBR 16577: Espaço confinado - prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção. Os resultados podem ser visualizados na figura 15. Considerando os dados da figura, pode-se perceber que a maioria dos participantes possui um conhecimento limitado sobre a ABNT NBR 16577 em relação aos espaços confinados. A porcentagem significativa de participantes que admitiram não conhecer nada sobre a norma indica uma lacuna de conhecimento que precisa ser abordada. Além disso, o baixo número de participantes que afirmaram ter um nível de conhecimento 10 indica que há espaço para melhorias na compreensão completa da norma. Essas informações sugerem a necessidade de fortalecer o treinamento e a conscientização sobre a ABNT NBR 16577 para garantir a aplicação adequada das medidas de prevenção e proteção nos espaços confinados.

Figura 15 – Nível de conhecimento dos especialistas sobre a NBR 16577

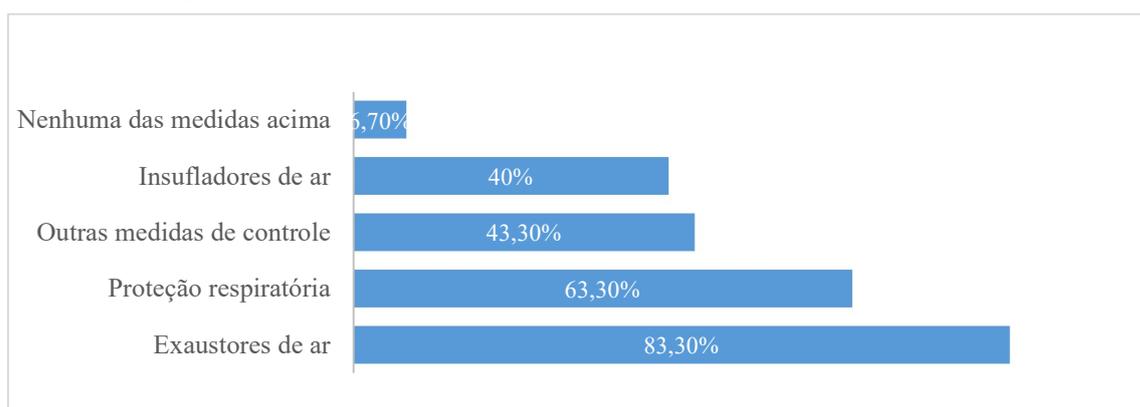


Fonte: Autora

### 4.3.1.3 Gestão dos riscos nos espaços confinados

A terceira parte do questionário abordou a gestão dos riscos nos espaços confinados, que está apresentada na figura 16. Com os dados apontados na figura, é possível deduzir que a maioria dos participantes do questionário relatou a aplicação de medidas de gestão de riscos nos espaços confinados. A Permissão de Entrada e Trabalho (PET), as Ordens de Serviço (OS) e os procedimentos de trabalho são amplamente utilizados, indicando uma preocupação com a segurança e o controle das atividades realizadas nesses ambientes. Além disso, a adoção de medidas de controle, como exaustores de ar, proteção respiratória e insufladores de ar, demonstra uma consciência sobre os riscos atmosféricos e a necessidade de proteção adequada. No entanto, é importante observar que uma parcela dos participantes mencionou a inexistência de documentação e a não realização de medidas de controle, indicando áreas de melhoria na gestão dos riscos nos espaços confinados.

Figura 16 – Medidas de controle mais utilizadas nos espaços confinados das obras

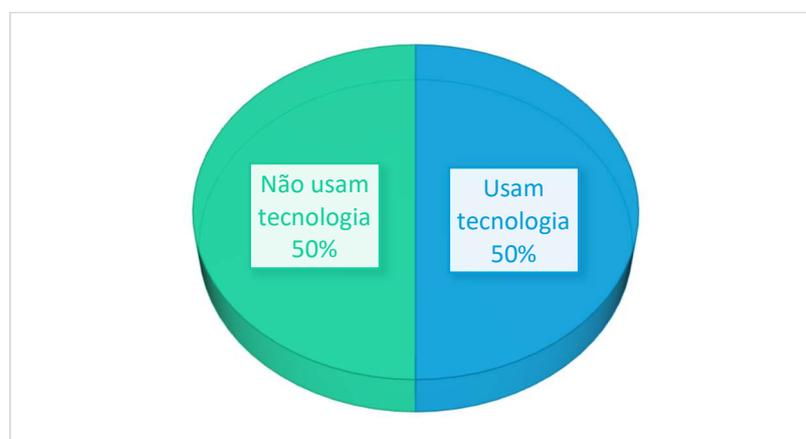


Fonte: Autora

Quando questionados sobre as dificuldades associadas à utilização das medidas de controle, constatou-se que 26,7% dos respondentes não relataram qualquer tipo de dificuldade. No entanto, 73,3% dos participantes indicaram enfrentar desafios nesse aspecto. As principais dificuldades mencionadas foram: falta de equipe treinada, ausência de equipamentos, custos, complexidades na adaptação do ambiente para implantação das medidas, logística de instalação, resistência por parte dos empregados e empregadores, disponibilidade de recursos financeiros e técnicos, planejamento das atividades, conscientização dos gestores e falta de comprometimento.

Quanto ao monitoramento atmosférico nos locais de trabalho, foi investigado se alguma tecnologia era adotada para esse fim e os resultados ilustrado na figura 17. Pode-se inferir que há uma falta de consenso ou padronização na adoção de tecnologias de monitoramento atmosférico nos locais de trabalho dos profissionais entrevistados. Metade dos participantes afirmaram que alguma tecnologia é adotada, o que sugere uma preocupação com a segurança e o controle dos riscos atmosféricos. No entanto, a outra metade indicou que não há adoção de tecnologia, o que pode indicar uma lacuna na implementação de medidas de monitoramento efetivas. Isso ressalta a importância de promover a conscientização e o uso adequado de tecnologias de monitoramento para garantir a segurança dos espaços confinados.

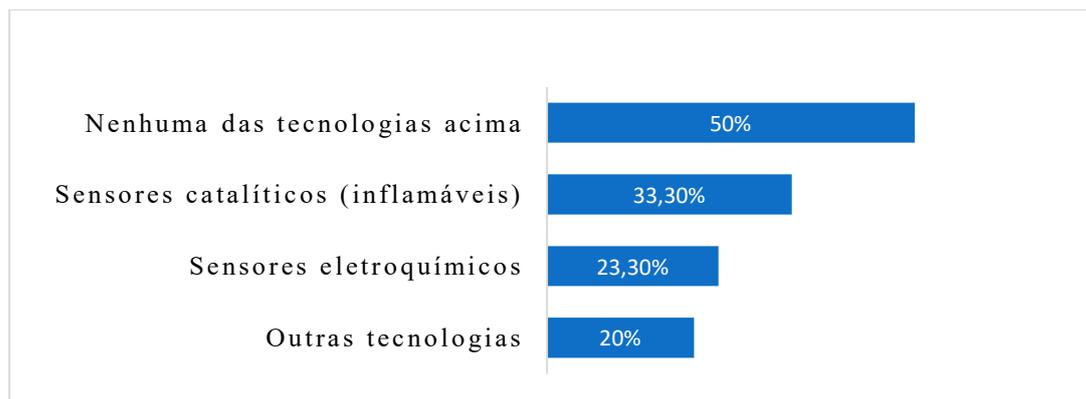
Figura 17 – Percentuais de obras no uso de tecnologias



Fonte: Autora

De acordo com os dados coletados, foi observado que 10 especialistas utilizam sensores catalíticos para detectar substâncias inflamáveis, enquanto 7 utilizam sensores eletroquímicos. Além disso, 6 especialistas mencionaram o uso de "outras tecnologias", como rádio e sensores infravermelhos. No entanto, metade dos participantes afirmou que nenhuma das tecnologias sugeridas é adotada em seus locais de trabalho. Quanto às possíveis melhorias nos monitoramentos, foram mencionadas sugestões como o uso de robôs e drones, mas também foram citadas soluções não relacionadas à tecnologia, como mudanças nos processos de trabalho, aplicação de normas, equipamentos de fácil manuseio e pausas programadas. É importante ressaltar que 20% dos participantes admitiram não possuir conhecimento sobre o assunto, o que limita sua contribuição nessa questão.

Figura 18 – Tecnologias utilizadas no monitoramento dos espaços confinados nas obras



Fonte: Autora

Os dados da figura 18 apontam a necessidade de promover a conscientização e o conhecimento sobre as tecnologias de monitoramento, bem como buscar a padronização e o uso adequado dessas soluções para garantir a segurança nos espaços confinados.

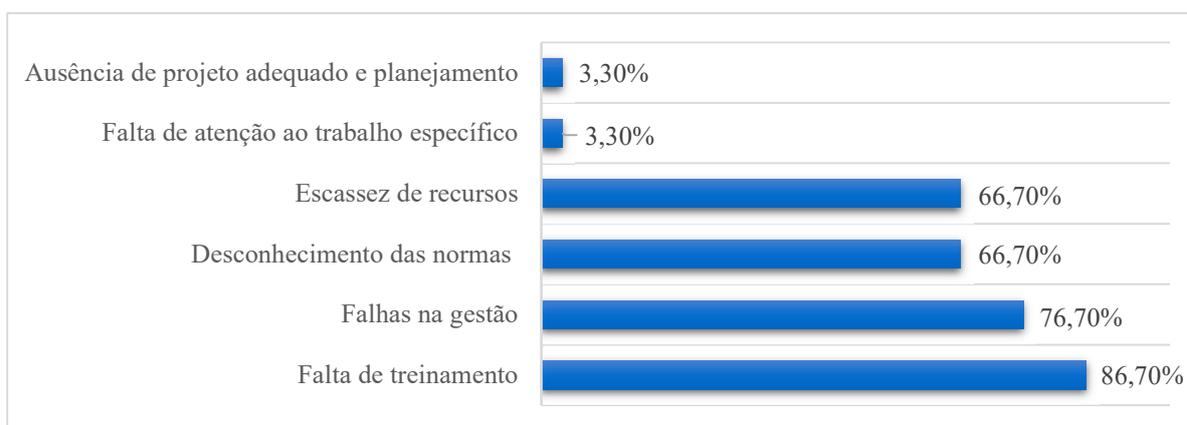
No que diz respeito ao treinamento, os especialistas relataram que 80% dos trabalhadores envolvidos em atividades em espaços confinados recebem treinamento de acordo com a NR 33, enquanto 20% afirmaram que essa capacitação não é realizada. Em relação aos resgates, 60% dos participantes indicaram a existência de uma equipe treinada, enquanto 40% negaram essa existência. Em relação aos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), 90% das respostas mencionaram o uso de todos os EPIs indicados para os riscos presentes. A aplicação do princípio de proteção coletiva permanente foi informada por 63,3% dos participantes.

Quanto às principais causas de acidentes em espaços confinados na indústria da construção, a falta de treinamento foi apontada por 86,7% dos participantes, seguida por falhas na gestão com 76,7%. O desconhecimento das normas e a escassez de recursos foram mencionados por 66,7% dos participantes. A ausência de projeto adequado/planejamento e a falta de atenção ao trabalho foram responsáveis por 3,3% cada.

Quanto às principais causas de acidentes em espaços confinados na indústria da construção, os dados sugerem na figura 19 acima, que a maioria dos trabalhadores envolvidos em atividades em espaços confinados recebe treinamento de acordo com a NR 33, o que indica uma preocupação com a segurança e o cumprimento das normas. No entanto, ainda existe uma parcela significativa de trabalhadores que não recebe esse treinamento, destacando a necessidade de promover a capacitação adequada. Além disso, a presença de equipes treinadas

para resgates é relatada por uma porcentagem considerável dos participantes, embora haja espaço para melhorias nessa área. A utilização dos EPIs adequados e a aplicação de princípios de proteção coletiva também são destacados, sugerindo um esforço para mitigar os riscos nos espaços confinados. Por outro lado, as principais causas de acidentes apontadas, como a falta de treinamento e falhas na gestão, revelam áreas que precisam ser aprimoradas para garantir a segurança dos trabalhadores nesses ambientes. Esses valores podem ser visualizados na figura 19.

Figura 19 – Principais causas de acidentes na Indústria da Construção



Fonte: Autora

Os especialistas forneceram suas opiniões sobre o motivo pelo qual a Indústria da Construção não trata adequadamente os espaços confinados. As respostas variaram bastante, incluindo a percepção de que essas atividades são consideradas simples, o que contribui para que sejam realizadas sem os devidos cuidados necessários. Também foi mencionada a falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes e a questão da inviabilidade financeira. No entanto, 75% dos profissionais apontaram que a dificuldade está relacionada à falta de conhecimento, tanto sobre os riscos presentes nesses ambientes, quanto sobre os regulamentos e normas técnicas existentes.

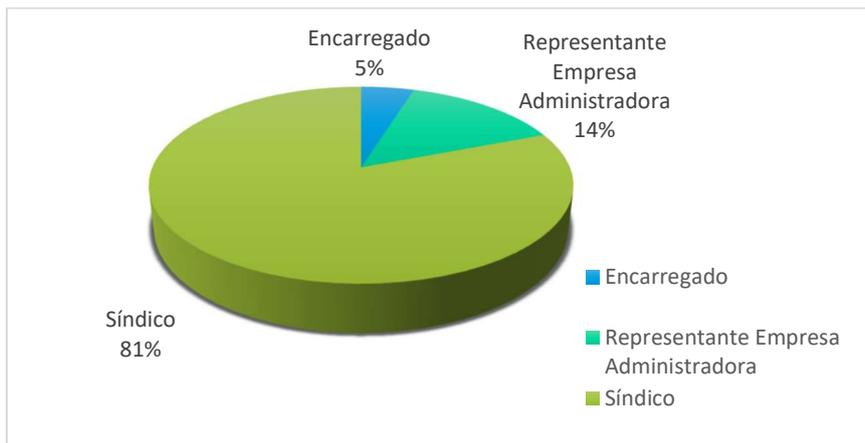
### **4.3.2 Questionário aplicado aos síndicos, encarregados de serviços gerais e administradores de condomínio**

#### **4.3.2.1 Informações gerais**

O segundo questionário foi aplicado a 21 participantes, incluindo síndicos, encarregados de serviços gerais e administradores de condomínio. Estes são responsáveis pela contratação e/ou

acompanhamento de atividades, tais como limpeza, reparos e manutenções, em reservatórios de água tanto superiores como inferiores. Os dados coletados foram analisados para avaliar a percepção dessas pessoas no que diz respeito aos riscos presentes nesses locais, bem como no gerenciamento dos mesmos. A primeira questão abordada fez referência à função/cargo dos participantes ilustrada na figura 20.

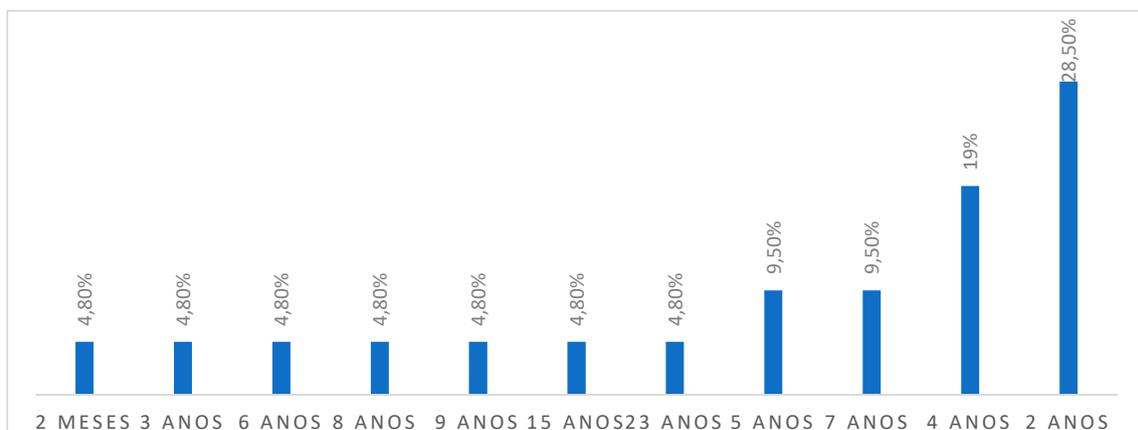
Figura 20 – Percentuais das funções/cargos dos participantes do questionário



Fonte: Autora

Na análise da experiência dos participantes em suas funções nos condomínios, observou-se uma ampla gama de períodos, variando de 2 meses a 23 anos. Destaca-se que o período mais comum entre estes participantes é de 2 anos, sugerindo que a maioria assumiu suas responsabilidades recentemente. Esta distribuição de experiência é detalhada na figura 21.

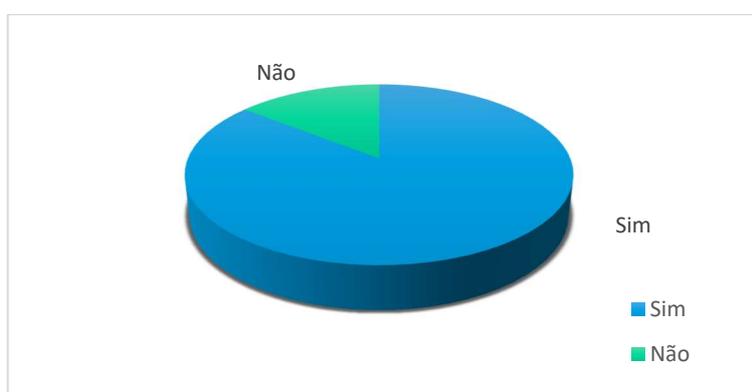
Figura 21 – Indicação do tempo de experiência dos participantes nos condomínios



Fonte: Autora

Houve uma grande disparidade nos resultados quando os participantes foram questionados se teriam conhecimento de que um reservatório é considerado um espaço confinado. Responderam positivamente 85,7%, indicando terem ciência do fato. Esta informação pode ser considerada importante, por poder favorecer que as limpezas, manutenções e reparos possam ser realizadas com maior segurança. Apenas 14,3% dos participantes afirmaram não ter esse conhecimento, podendo indicar uma probabilidade maior de ocorrer uma situação de risco durante a realização das atividades, contribuindo desta forma, para a ocorrência de eventos inesperados e indesejados. Os resultados podem ser visualizados na figura 22.

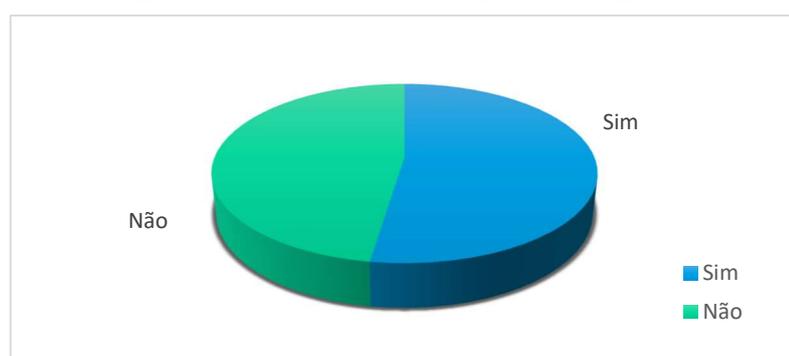
Figura 22 – Percepção dos participantes sobre espaços confinados



Fonte: Autora

Em verificando se os participantes tinham ou não conhecimento dos critérios mínimos de segurança para realizar as atividades dentro dos espaços confinados, pode-se constatar que as respostas ficaram bem divididas, pois o percentual revelado dos que tinham ou não tinham conhecimento dos requisitos de segurança, apontou 52,4% e 47,6%, respectivamente. Como mostra a figura, mais da metade dos participantes não conhecem as exigências mínimas para assegurar que o serviço seja ou não realizado com segurança.

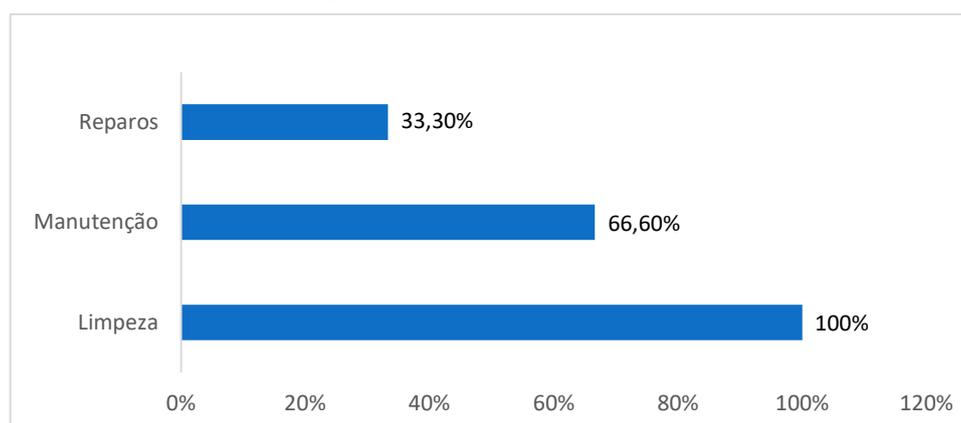
Figura 23 – Conhecimento dos requisitos de segurança



Fonte: Autora

Dos serviços mais frequentes realizados nos reservatórios dos condomínios todos os participantes afirmaram que era limpeza, seguidos por manutenção e reparos. A figura 24 traduz, claramente, esses valores. De fato, a limpeza deve ser considerada um item realizado com grande frequência para assim assegurar a higiene e boa qualidade da água, que traz como consequência, a saúde dos condôminos.

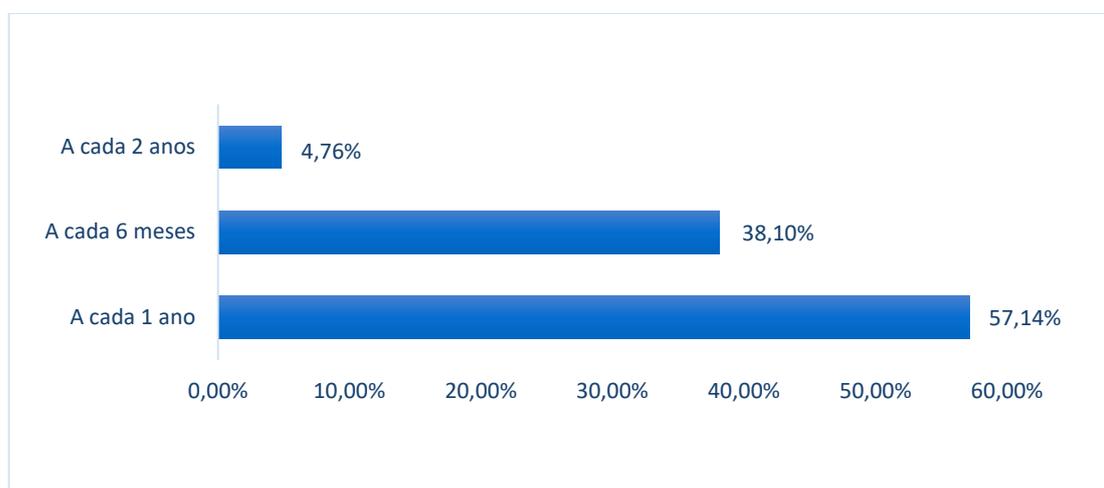
Figura 24 – Frequência dos serviços realizados nos reservatórios



Fonte: Autora

Mas apesar da limpeza ter sido apontada como o serviço de maior frequência, 57,14% dos participantes afirmaram que esperam 1 ano para realizar a higienização nos reservatórios, sendo que 4,76% espera 2 anos para fazer tal higiene, onde um índice entre esses dois valores afirmaram limpar os reservatórios a cada 6 meses, como mostra a figura 25.

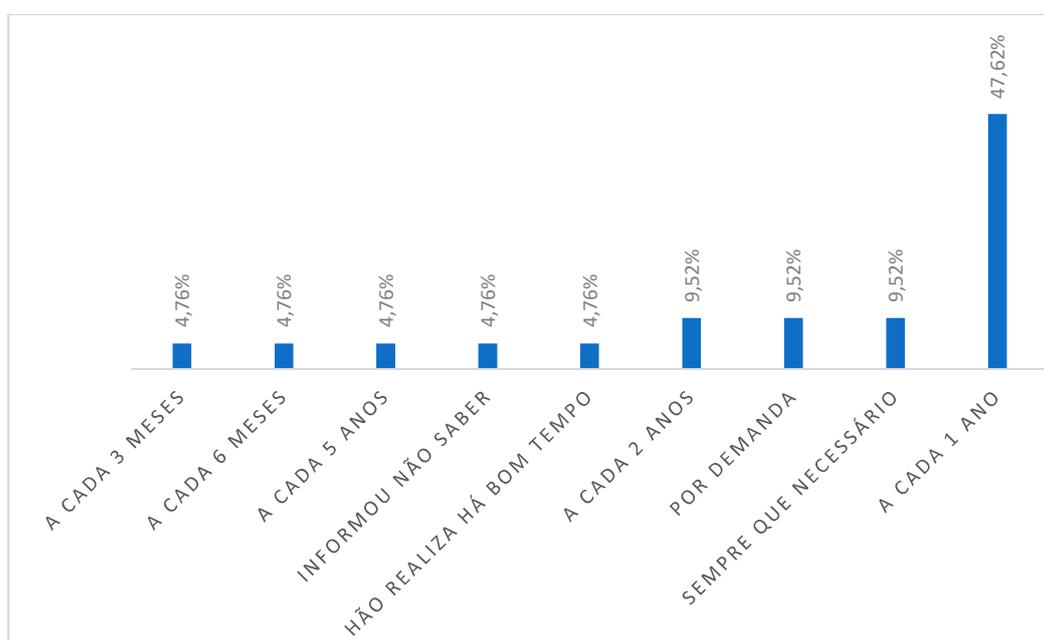
Figura 25 – Frequência para os serviços de limpeza nos reservatórios



Fonte: Autora

Em relação às manutenções e reparos, as respostas variaram significativamente, refletindo a realidade distinta de cada condomínio. Diversos fatores influenciam essa variabilidade, incluindo o estado de conservação dos reservatórios e, por vezes, a falta de engajamento dos moradores, o que pode retardar as intervenções necessárias. A distribuição dos períodos de manutenção e reparo está ilustrada na figura 26. Dos participantes, 47,62% informaram que as manutenções e reparos são realizados a cada ano, sendo que 4,76% representou uma diversidade de diferentes períodos.

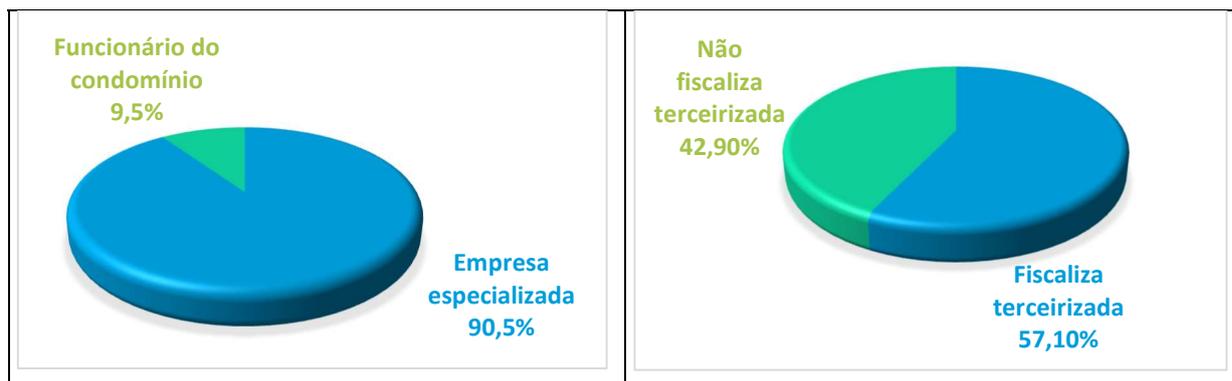
Figura 26 – Frequência para os reparos e manutenções nos reservatórios



Fonte: Autora

Para realizar os serviços de limpeza, reparos e manutenções nos reservatórios, a maioria dos condomínios contrata uma empresa especializada para essa execução, sendo que uma minoria opta por realiza-los com funcionários do próprio condomínio, representando um índice de 9,5%. Quando contratadas as empresas especialistas, 42,90% afirmaram que os serviços não são fiscalizados, significando que podem estar sendo feitos de qualquer jeito, inclusive, sem segurança. As informações obtidas podem ser identificadas na figura 27.

Figura 27 – Realização dos serviços de limpeza, reparos e manutenções



Fonte: Autora

Da mesma forma, foi verificado se ao realizar os serviços com funcionários do próprio edifício, eles não teriam treinamento adequado para o desempenhar das tarefas com a segurança necessária. 90,5% revelaram que os funcionários não são treinados para estes serviços, como mostra a figura 28, abaixo.

Figura 28 – Capacitação de funcionário do condomínio para desempenhar da tarefa



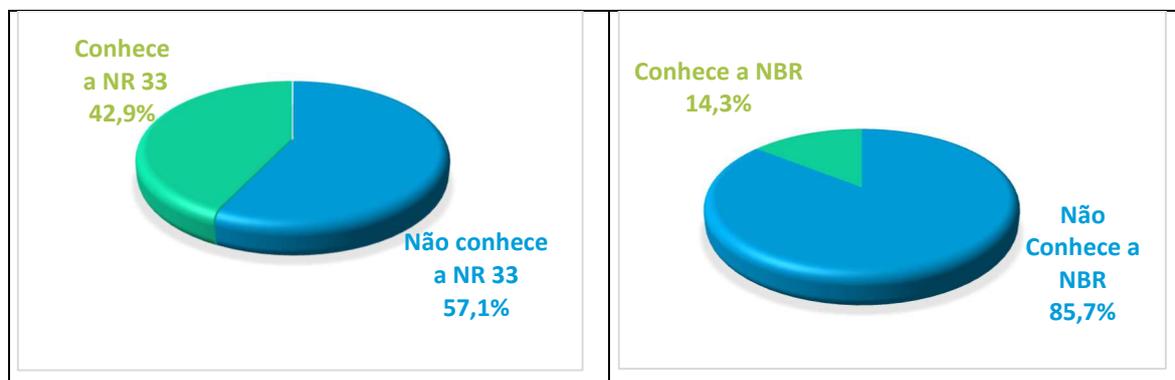
Fonte: Autora

As análises das figuras 27 e 28 revelam insights significativos. Isso é evidenciado pelo fato de que 42,9% dos participantes reconheceram não monitorar adequadamente o cumprimento das normas de segurança, por estas empresas, especialmente em espaços confinados, como também em relação a outros riscos comuns, como quedas de altura, visto que a maioria dos participantes admitiu que os serviços são realizados sem o treinamento adequado, indicando uma abordagem potencialmente descuidada.

No que diz respeito à legislação e normas vigentes, 57,1% disseram não conhecer a NR 33 e

85,7% afirmaram o mesmo no que concerne à NBR 16577 da ABNT, significando um elevado percentual de desconhecimento, já que apenas 14,3% admitiram conhecer a norma brasileira. Os valores podem ser vistos na figura 29.

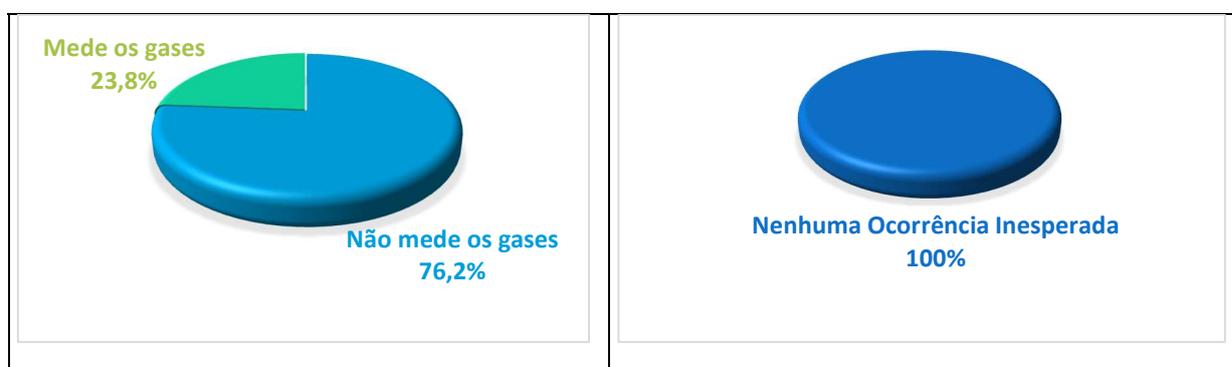
Figura 29 – Conhecimento das normas e legislação de segurança



Fonte: Autora

Além de analisar a percepção de riscos dos participantes, o questionário visou também verificar o gerenciamento dos riscos e observou que a maior parte dos condomínios (76,2%) não realiza medição prévia da atmosfera presente no interior dos reservatórios. Isso indica algumas implicações, como por exemplo, que o risco não é monitorado e em virtude disso pode ser desencadeada situação que cause o comprometimento da saúde ou vida de algum trabalhador envolvido em atividades nos espaços confinados, muito embora 100% destes participantes tenham afirmado que nunca presenciaram ocorrência inesperada, tais como mal estar, desmaio, falta de ar, ou qualquer outro inconveniente. As informações seguem expressas na figura 30.

Figura 30 – Monitoramento da atmosfera e ocorrência inesperada durante a execução de serviços

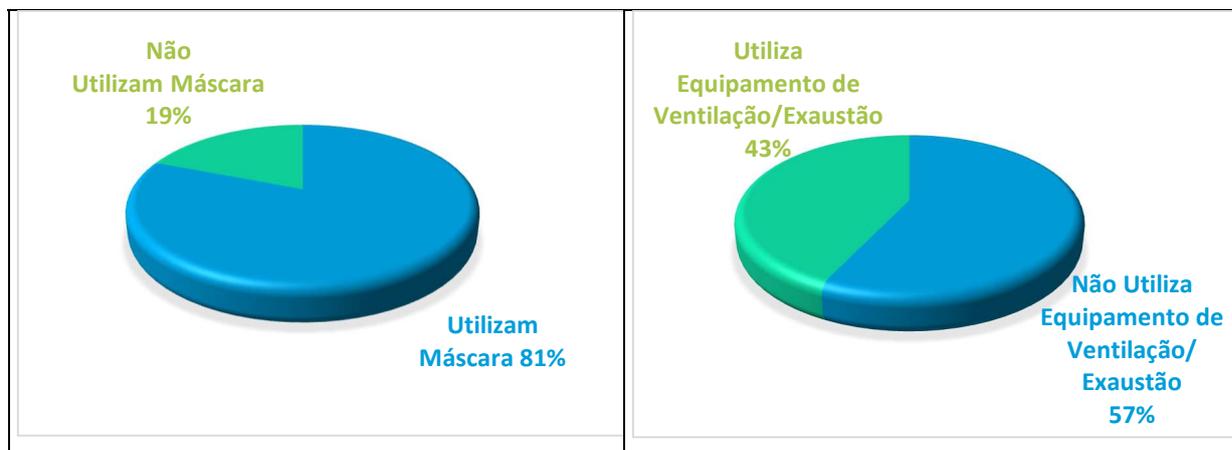


Fonte: Autora

Mesmo sem nenhuma ocorrência inesperada, 81% dos participantes informou que os trabalhadores utilizam máscara de proteção para realização dos serviços, enquanto 57% afirmou

não realizar nenhum sistema de ventilação ou exaustão, como pode ser visto na figura 31.

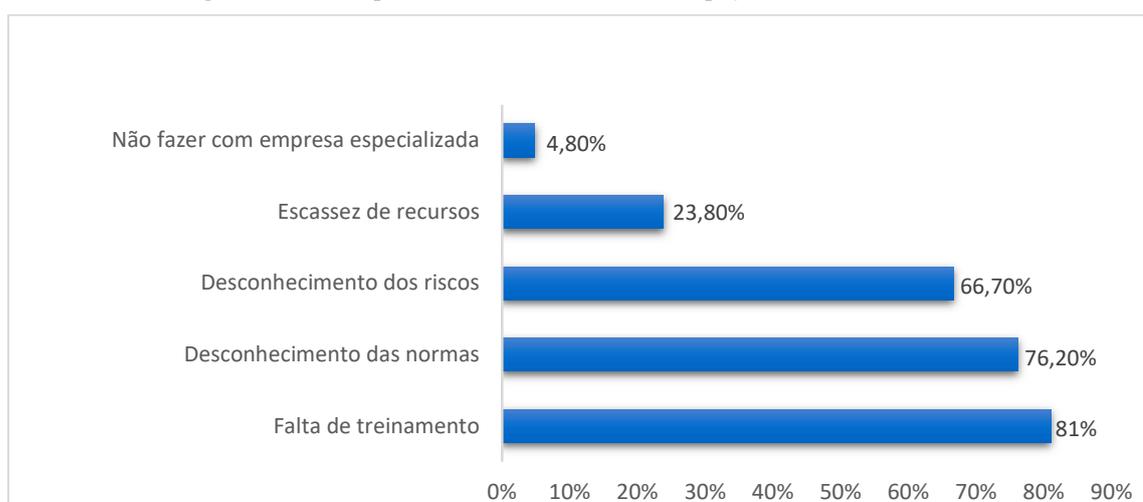
Figura 31 – Gerenciamento dos riscos nos espaços confinados



Fonte: Autora

Por fim, ao investigar a opinião dos participantes sobre quais as principais causas de acidentes nos espaços confinados, a maioria apontou a falta de treinamento. Apenas um pequeno percentual informou não realizar os serviços com empresa especializada, o que denota a preocupação em fazer o trabalho com pessoas capacitadas para tal. Todas as causas consideradas podem ser visualizadas na figura 32 abaixo.

Figura 32 – Principais causas de acidentes nos espaços confinados



Fonte: Autora

### 4.3.3 Caracterização dos espaços confinados em canteiros de obras e em condomínio de edifício empresarial

Através do questionário de caracterização dos espaços confinados, aplicado durante as visitas para medição da atmosfera nos espaços confinados, em um dos condomínios e nos canteiros de obras, constatou-se que a maioria dos locais analisados era composta por reservatórios superiores, como mostra a figura 33. Além disso, observou-se uma menor proporção de reservatórios inferiores e casas de máquinas. Essa distribuição dos tipos de espaços confinados pode fornecer insights sobre os principais ambientes de trabalho encontrados no condomínio e nos canteiros de obras. No entanto, é importante considerar que essa análise se baseia apenas nos dez locais analisados e pode não representar a totalidade dos espaços confinados nessas áreas.

Figura 33 – Identificação dos espaços confinados analisados



Fonte: Autora

Os volumes dos reservatórios monitorados variaram de 79.956m<sup>3</sup> a 313.500m<sup>3</sup>, com a casa de máquinas apresentando um volume de 15m<sup>3</sup>. Todos os espaços confinados de obras estavam ativos e destinados à construção. No condomínio 01, dois reservatórios estavam inativos devido a problemas de vazamentos, enquanto apenas um estava ativo, fornecendo abastecimento ao edifício, sendo destinados à inspeção.

Em relação ao material de construção, todos os espaços confinados eram construídos em concreto armado, posicionados horizontalmente, e tinham acesso por escadas móveis, algumas em metal e outras em madeira. Foram observados improvisos, com o uso de dispositivos destinados a outros fins, como fôrmas de madeira. A comunicação entre os trabalhadores dentro

e fora dos espaços confinados era possível, mas com dificuldades dependendo da localização.

Quanto ao número de bocas de visitas (BV), 80% dos espaços confinados tinham apenas um acesso, enquanto 10% tinham três acessos e outros 10% tinham quatro acessos. As dimensões das BV variavam, com diâmetros inferiores a 600 mm. Foram identificadas BV com dimensões de 0,57x0,53 metros, 0,52x0,60 metros e 0,57x0,59 metros, consideradas de acesso muito ruim. Também foram observadas BV de 0,60x0,60 metros e 0,70x0,70 metros, consideradas de acesso ruim e bom, respectivamente. Não havia materiais armazenados no interior dos espaços confinados, e não foram encontrados produtos inflamáveis, explosivos ou tóxicos. No entanto, foram identificados riscos adicionais nos arredores, sendo a queda de altura o principal deles, sem medidas de proteção para controle desse risco. Além disso, foram observadas quedas de materiais e ferramentas, bem como o risco de atropelamento devido à presença de uma pá mecânica trabalhando próximo a uma das bocas de visitas de um dos reservatórios.

#### **4.3.4 Lista de verificação para o monitoramento dos espaços confinados**

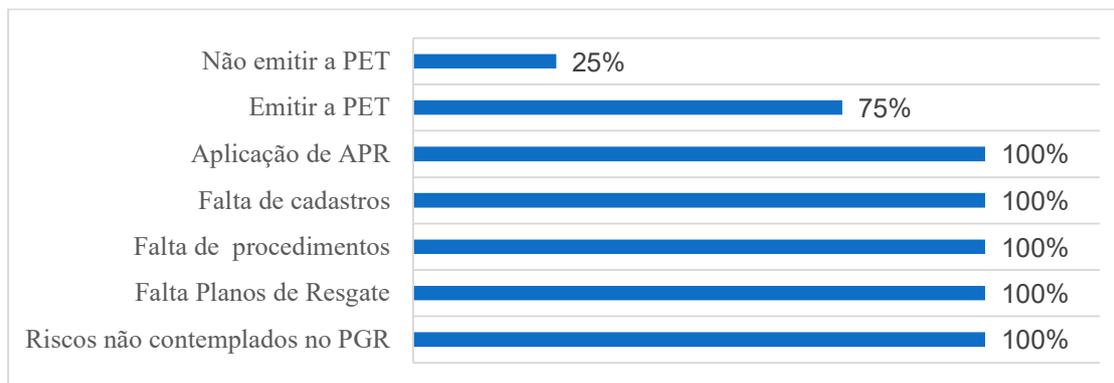
No monitoramento dos espaços confinados que estava sendo desenvolvido algum tipo de tarefa, a lista de verificação revelou que nenhum dos locais verificados tinha um cadastro elaborado, representando 100% dos espaços analisados. Da mesma forma, em relação aos procedimentos de segurança, 100% dos serviços eram realizados sem a existência de procedimentos que fornecessem informações sobre a tarefa e a segurança dos trabalhadores.

Quanto à Permissão de Entrada e Trabalho (PET), verificou-se que em 75% dos espaços analisados a PET era emitida, enquanto 25% iniciavam as atividades sem a elaboração e o preenchimento da permissão. A Análise Preliminar de Riscos (APR) foi elaborada e aplicada para todos os espaços estudados.

Em relação ao Programa de Gerenciamento dos Riscos (PGR), a figura 34 abaixo mostrou que os espaços confinados analisados apresentam deficiências significativas em relação ao monitoramento e controle dos riscos. A falta de cadastro, procedimentos de segurança e planos de resgate demonstra uma ausência de medidas adequadas para garantir a segurança dos trabalhadores. A emissão da Permissão de Entrada e Trabalho (PET) em apenas 75% dos espaços indica que em alguns casos as atividades são iniciadas sem a devida autorização. A ausência de agentes identificados nos Inventários de Riscos, caracterizando uma falha no

Programa de Gerenciamento dos Riscos (PGR) evidencia a falta de uma abordagem abrangente para identificar, avaliar e controlar os riscos presentes nos espaços confinados. Esses resultados destacam a necessidade de melhorias e implementação de medidas adequadas para garantir a segurança dos trabalhadores nesses ambientes.

Figura 34 – Aplicação dos critérios mínimos das Normas Regulamentadoras



Fonte: Autora

Em nenhum dos espaços confinados analisados realizou-se avaliação da atmosfera antes da entrada dos trabalhadores, e não possuíam sistemas de ventilação ou exaustão para controlar gases tóxicos, níveis de oxigênio e explosividade. Além disso, não foi identificado o controle de energias perigosas, como identificação, bloqueio e sinalização. Apesar do descumprimento das normas de segurança, todos os trabalhadores envolvidos nessas atividades eram treinados de acordo com a NR 33 e possuíam aptidão para executar os serviços.

Em relação à sinalização, 75% dos locais estavam de acordo com os critérios da norma, enquanto 25% não possuíam nenhuma indicação. Um padrão semelhante foi observado para a presença de vigia durante as atividades, com 75% dos espaços confinados tendo um vigia próximo à boca de visita, e 25% realizando as atividades sem nenhuma supervisão.

#### 4.4 Medições das concentrações atmosféricas e dos níveis de oxigênio

##### 4.4.1 Reservatórios do condomínio empresarial: Espaços confinados não perturbados

O condomínio analisado era um edifício empresarial localizado no bairro de Boa Viagem em Recife/PE, composto por 8 pavimentos e 52 salas que eram utilizadas como escritórios por diferentes empresas. Durante a inspeção, foram encontrados 3 reservatórios superiores

localizados no topo do prédio, responsáveis pelo abastecimento do edifício. A capacidade total desses reservatórios era de 40.000 litros de água, sendo 29.000 litros destinados ao consumo e 10.800 litros reservados para uso em casos de incêndio, em conformidade com as exigências do Corpo de Bombeiros. Os reservatórios podem ser visualizados na figura 35.

Figura 35 – Coberta do edifício com acesso aos três reservatórios do condomínio



Fonte: Autora

O acesso aos reservatórios na cobertura do edifício era realizado através de uma escada metálica tipo marinheiro, como mostra a figura 36.

Figura 36 – Escada marinheiro de acesso à cobertura do edifício



Fonte: Autora

#### 4.4.1.1 Testes de resposta e de pré-entrada

Inicialmente, foi realizado o bump test, que é o teste de resposta do equipamento para verificar a leitura dos sensores, conforme mostrado na figura 37. O sensor foi ligado após o tempo de espera necessário para a sua inicialização. Em seguida, um cilindro contendo uma mistura de gases, incluindo O<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, LEL e CO<sub>2</sub>, foi conectado ao sensor usando uma mangueira, adaptador e regulador de vazão. Os gases foram liberados ao abrir o regulador e o sensor iniciou a leitura após 5 segundos. Foi observada a variação no leitor do instrumento para garantir o

perfeito funcionamento do sensor na detecção de atmosferas perigosas. Assim que o cilindro foi aberto e a mistura de gases liberada, o sensor disparou imediatamente o alarme, manifestando-se por som, vibração e luz, indicando a presença do gás aplicado durante o teste de checagem. É importante ressaltar que esse teste de resposta foi realizado em todos os reservatórios do condomínio.

Figura 37 – Realização do bump teste



Fonte: Autora

Os valores obtidos no bump test seguem mostrados no visor do sensor como mostra a figura 38.

Figura 38 – Resultado do bump teste



Fonte: Autora

Ao desligar o gás do cilindro, o nível de oxigênio voltou ao valor normal de 20,9%, indicando que o equipamento estava em condições adequadas para o uso. Isso foi registrado na figura 39.

Figura 39 – Sensor zerado após bump test



Fonte: Autora

Em seguida, foi realizado o teste de pré-entrada, que consiste em medir as condições antes da entrada. Utilizou-se uma ponta de prova, composta por uma mangueira com um filtro poroso em uma das extremidades. O filtro poroso foi posicionado em três níveis diferentes na boca de visita do reservatório: superior (próximo à entrada), intermediário (na metade da profundidade do reservatório) e inferior (no fundo do reservatório). O objetivo era verificar a presença ou ausência de gases no local, assim como a variação do nível de oxigênio na atmosfera. O teste de pré-entrada foi realizado em 5 minutos, conforme programado pelo sensor, e não detectou a presença de gases nem alterações no nível de oxigênio. Com base nesses resultados, foi liberada a entrada segura no local, caso fosse necessário realizar alguma intervenção. Os reservatórios foram identificados como reservatório 01, reservatório 02 e reservatório 03.

### Reservatório 01

O reservatório 01 estava inativo há 12 meses devido a vazamentos causados por falhas no sistema de impermeabilização. No interior desse local, havia uma pequena quantidade de água, com quinze centímetros de profundidade. As medições podem ser visualizadas na figura 40.

Figura 40 – Medições reservatório 01



Fonte: Autora

## Reservatório 02

O reservatório 02 estava desativado há 36 meses, pelo mesmo motivo do reservatório 01. No interior, não havia água armazenada, apenas lodo. As medições seguem na figura 41.

Figura 41 – Medições reservatório 02



Fonte: Autora

## Reservatório 03

O reservatório 03 estava ativado (em uso), sendo o responsável pelo abastecimento do edifício. No momento da medição a água armazenada ocupava aproximadamente 80% da sua capacidade. O registro fotográfico pode ser visualizado na figura 42.

Figura 42 – Medições reservatório 03



Fonte: Autora

O resumo das características físicas dos reservatórios 01, 02 e 03 pode ser visto no quadro 6.

Quadro 6 – Características físicas dos reservatórios do condomínio

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			
	Reservatório 01	Reservatório 02	Reservatório 03
Altura (profundidade)	1,25 metros	1,25 metros	1,25 metros
Largura	3,50 metros	2,70 metros	3,50 metros
Comprimento	3,125 metros	3,70 metros	3,125 metros
Capacidade	13.672 litros	12.488 litros	13.672 litros
Quantidade BV	01 unidade	01 unidade	01 unidade
Dimensões BV	0,57 x 0,53 m	0,60 x 0,52 m	0,57 x 0,59 m
Material construção	Concreto armado	Concreto armado	Concreto armado

Fonte: Autora

As leituras dos reservatórios foram realizadas em diferentes posições, incluindo as quatro extremidades da boca de visita. Os resultados mostraram que os reservatórios 01 e 02 não apresentaram alterações significativas. Os níveis de oxigênio permaneceram em 20,9%, o CO foi medido em 0 ppm, o LEL em 0%, o H2S em 0 ppm e o CO2 registrou 140 ppm. Vale ressaltar que o reservatório 02 apresentou a presença de lodo. A leitura dos reservatórios 01 e 02 foi registrada, conforme ilustrado na figura 43.

Figura 43 – Leitura reservatório 01 e 02, respectivamente



Fonte: Autora

No reservatório 03, o nível de oxigênio foi medido em 21,4%, o CO em 0 ppm, o LEL em 0%, o H2S em 0 ppm e o CO2 registrou 170 ppm, conforme apresentado na figura 44. Apesar da alteração no nível de oxigênio, não foi considerada prejudicial à saúde e à segurança dos trabalhadores, uma vez que, de acordo com a Norma Brasileira NBR 16.577:2017, uma atmosfera rica em oxigênio é aquela com mais de 23% (ABNT, 2017).

Figura 44 – Leitura reservatório 03



Fonte: Autora

#### 4.4.2 Reservatórios dos canteiros de obras: espaços confinados perturbados e não perturbados.

O canteiro de obras da construtora A estava localizado no bairro da Boa Vista, em Recife/PE. O projeto envolvia a construção de um hospital de 17 pavimentos. Na ocasião da medição, o canteiro de obras contava com 408 funcionários. Foram analisados quatro reservatórios superiores (04, 05, 06 e 07) localizados na cobertura do edifício. Os reservatórios foram classificados como "perturbados" (em atividades de limpeza, regularização de piso/paredes e impermeabilização) e "não perturbados". A laje dos reservatórios pode ser visualizada na figura 45.

Figura 45 – Coberta do edifício com acesso aos reservatórios da construtora A



Fonte: Autora

O canteiro de obras da construtora B estava localizado no bairro de Candeias, em Jaboatão dos Guararapes/PE. Tratava-se da construção de um conjunto habitacional composto por 672 apartamentos, distribuídos em 12 blocos, cada um com 8 andares. No momento da pesquisa, a obra contava com 140 trabalhadores. Foram analisados dois reservatórios inferiores (08 e 09) e uma casa de bombas, todos localizados no pavimento térreo. Esses espaços confinados foram classificados como "perturbados" e "não perturbados". O local está ilustrado na figura 46.

Figura 46 – Laje do reservatório e da casa de bombas construtora B



Fonte: Autora

#### 4.4.2.1 Espaços confinados perturbados

##### Reservatório 04

No reservatório 04, foi realizado o teste de bloqueio da bomba de sucção para verificar se a aspiração estava ocorrendo corretamente. O objetivo era garantir que os contaminantes alcançassem os sensores do equipamento. O teste consistiu no bloqueio manual da entrada, seguido pelo desbloqueio e liberação para o teste, conforme demonstrado na figura 47.

Figura 47 – Teste de bloqueio do sensor



Fonte: Autora

Após o teste de bloqueio da bomba de sucção, foi realizado o teste de pré-entrada utilizando a ponta prova com filtro poroso posicionado em três níveis diferentes na boca de visita do reservatório. Esses testes foram conduzidos em todos os reservatórios de obras, portanto, essa informação não será repetida nas demais medições. Em seguida, foi realizado o teste de entrada, com duração variando de 30 a 60 minutos. Durante a análise, estava ocorrendo um serviço de regularização do piso e das paredes, utilizando argamassa preparada no próprio canteiro. Dois trabalhadores estavam dentro do espaço confinado, enquanto outros dois estavam do lado de fora, responsáveis pela reposição do material. O acesso ao espaço confinado era feito por meio de uma escada móvel. Durante a execução dos serviços, os trabalhadores utilizaram extensão e lâmpada para iluminar o local. As medições podem ser visualizadas na figura 48.

Figura 48 – Medições reservatório 04



Fonte: Autora

Três semanas após a primeira medição, houve um retorno ao reservatório para uma segunda aferição durante os serviços de impermeabilização. Para impermeabilizar o reservatório, foi utilizada uma geomembrana flexível de Policloreto de Vinila (PVC). O processo de impermeabilização seguiu a sequência a seguir: 1) aplicação do Via Plus 7000 na laje superior do reservatório (parte interna); 2) colocação da manta bidim nas paredes e no piso do reservatório; 3) fixação do bidim com chapa colaminada, que consiste em uma chapa metálica revestida com filme de PVC, cortada em tiras de 5 centímetros de largura e aplicada nas partes superior e inferior do bidim; 4) aplicação da manta flexível sobre as chapas colaminadas, utilizando um soprador para soldar o material por aquecimento. O bidim e a manta de PVC aplicados podem ser vistos na figura 49.

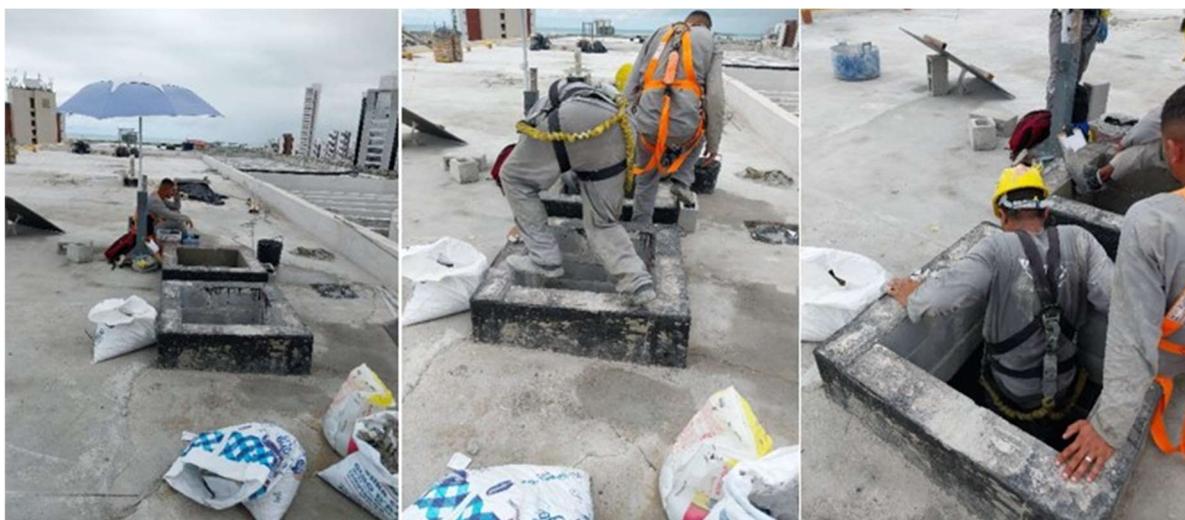
Figura 49 – Bidim e manta aplicados sobre as superfícies do reservatório



Fonte: Autora

Para realizar esse serviço, uma equipe de quatro trabalhadores foi designada, com dois deles trabalhando no interior do espaço confinado e os outros dois na parte externa. Um dos trabalhadores era responsável pelo transporte e abastecimento dos materiais, enquanto o outro atuava como vigia, conforme ilustrado na figura 50.

Figura 50 – Equipe dimensionada para os serviços



Fonte: Autora

A medição utilizando o sensor eletroquímico de resposta rápida (detector multigás) foi realizada, seguindo a sequência de todas as atividades descritas anteriormente. A figura 51 apresenta o registro dessa medição.

Figura 51 – Medições do reservatório 04 durante impermeabilização



Fonte: Autora

Durante os serviços de regularização de piso e paredes, assim como durante o processo de impermeabilização, no reservatório 04, não foram observadas alterações nos níveis de oxigênio, que permaneceram em 20,9%, nem em relação aos demais gases ou ao % LEL. Portanto, o local foi considerado livre de riscos atmosféricos.

### Reservatório 05

No reservatório 05, estava sendo realizado um serviço de limpeza, que consistia na remoção de resíduos como madeira, concreto e pregos, sem a utilização de produtos de limpeza. Três trabalhadores estavam envolvidos nessa atividade, com dois deles posicionados dentro do espaço confinado e o terceiro responsável pelo transporte dos materiais removidos, fora do espaço confinado. Foi necessária a utilização de iluminação artificial. As medições realizadas não apresentaram alterações nos níveis de oxigênio, CO, %LEL e H<sub>2</sub>S, mantendo-se em 20,9%, 0 ppm, 0% e 0 ppm, respectivamente. A figura 52 apresenta o registro fotográfico dessas medições.

Figura 52 – Medições do reservatório 05



Fonte: Autora

### Reservatórios 06

No reservatório 06, estava sendo realizado o processo de impermeabilização das superfícies. Para isso, foi utilizada uma argamassa polimérica semiflexível, composta por dois componentes modificados com resinas acrílicas. Os componentes A e B foram misturados para obter uma mistura com consistência plástica, que foi aplicada nas paredes e no piso, utilizando uma brocha. A figura 40 apresenta a laje do reservatório inferior e um dos acessos, pois existiam quatro bocas de visita.

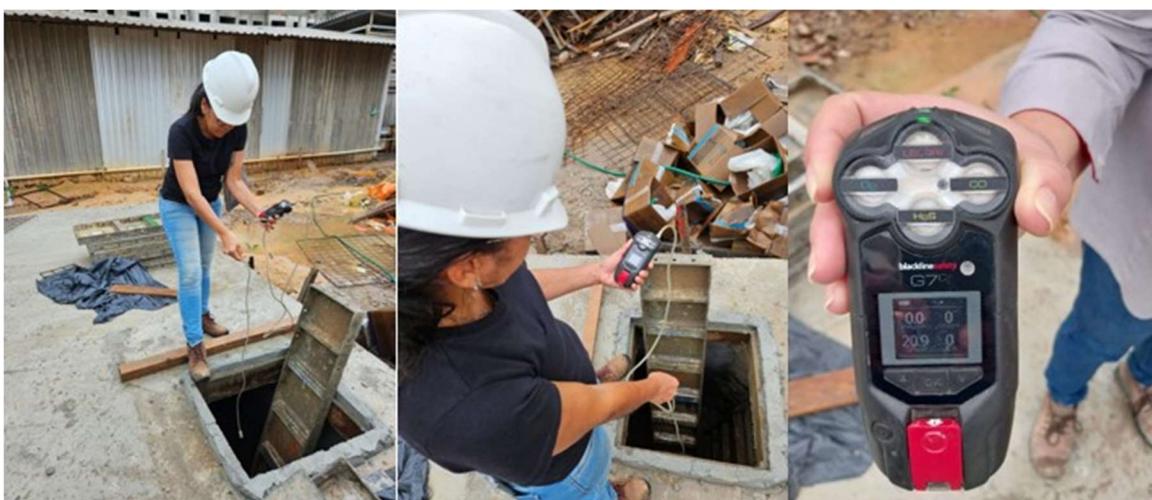
Figura 53 – Laje do reservatório 06



Fonte: Autora

Em seguida, foi realizado o teste de pré-entrada, como mostra a figura 54, com os valores dos gases inalterados, estando, porém, a área liberada para entrada do trabalhador.

Figura 54 – Testes de pré-entrada



Fonte: Autora

Dois trabalhadores foram responsáveis pela impermeabilização, fazendo pausas devido ao desconforto térmico no espaço confinado. Durante a atividade, não havia um vigia presente e não foram aplicados procedimentos de segurança ou uma Permissão de Entrada e Trabalho (PET). Apenas uma ordem de serviço foi utilizada. A figura 55 mostra a entrada do trabalhador com o sensor multigás e as superfícies impermeabilizadas. Não foi necessário utilizar extensões para iluminação artificial, pois o reservatório possuía quatro bocas de visita, uma em cada extremidade.

Figura 55 – Medições do reservatório 06 durante impermeabilização



Fonte: Autora

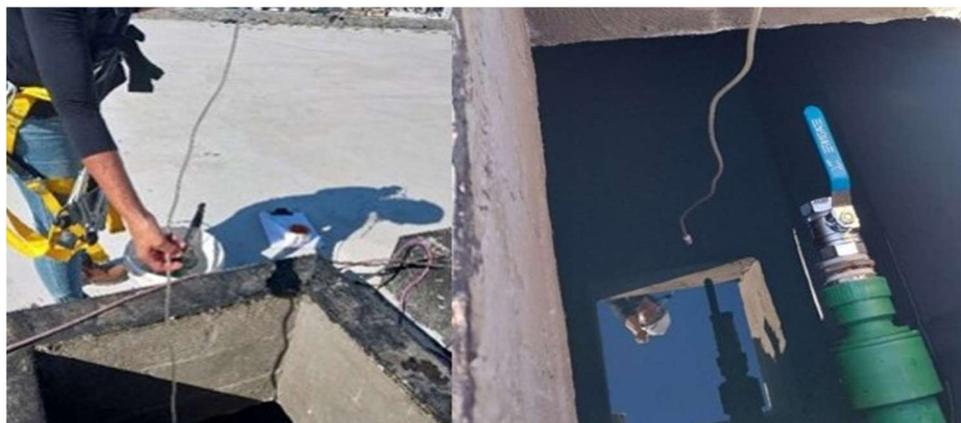
O reservatório 06 não apresentou alterações nos resultados, mesmo com o uso do material impermeabilizante. Isso indica que não havia riscos atmosféricos que pudessem prejudicar os trabalhadores.

#### 4.4.2.2 Espaços confinados “não perturbados”

##### Reservatórios 07 e 08

Nos reservatórios 07 e 08, não estavam ocorrendo serviços no momento. No reservatório 07, a limpeza, a regularização das superfícies e os serviços de impermeabilização tinham sido concluídos. Já no reservatório 08, havia uma lâmina d'água de 0,50 metros devido às chuvas e suas superfícies ainda não estavam impermeabilizadas. Abaixo, está o registro fotográfico dos reservatórios sétimo e oitavo, na figura 56.

Figura 56 – Medições reservatório 07 e 08



Fonte: Autora

### Reservatórios 09

No reservatório em questão, nenhuma atividade estava sendo realizada. Apesar de a impermeabilização ter sido concluída, não havia água presente para testar vazamentos. As medições realizadas não mostraram alterações nas concentrações de gases, nem enriquecimento ou empobrecimento nos níveis de oxigênio. Os resultados estão visíveis no visor do medidor, conforme mostrado na figura 57 abaixo.

Figura 57 – Resultado da medição do reservatório 09



Fonte: Autora

Os testes de pré-entrada conduzidos nos reservatórios não perturbados não mostraram alterações nas atmosferas medidas, indicando a ausência de riscos atmosféricos no local. Um resumo das informações sobre as características físicas dos reservatórios 04, 05, 06, 07, 08 e 09 pode ser visto no Quadro 07 a seguir.

Quadro 7 – Características físicas dos reservatórios analisados nos canteiros de obras

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS						
	Reservatório 04	Reservatório 05	Reservatório 06	Reservatório 07	Reservatório 08	Reservatório 09
Altura (profundidade)	1,55 metros	1,55 metros	1,55 metros	1,55 metros	1,50 metros	1,90 metros
Largura	9,53 metros	5,65 metros	7,98 metros	7,9 metros	5,00 metros	11 metros
Comprimento	9,16 metros	9,13 metros	9,16	9,16 metros	20,00 metros	15 metros
Capacidade	135.307 litros	79.956 litros	113.300 litros	112.164 litros	150.000 litros	313.500 litros
Quantidade BV	01 unidade	01 unidade	01 unidade	01 unidade	03 unidades	04 unidades
Dimensões BV	0,70 x 0,70 m	0,60 x 0,60 m	0,70 x 0,70 m			
Material construção	Concreto armado					

Fonte: Autora

### Casa de bombas

Foi feita uma medição em uma casa de bombas adjacente ao reservatório 08, que possuía a mesma profundidade. Nenhuma atividade estava em andamento nesse local, que continha uma lâmina d'água de 0,80 metros devido às chuvas. A impermeabilização das superfícies ainda precisava ser realizada. As medições do local podem ser visualizadas na figura 58.

Figura 58 – Medições casa de bomba



Fonte: Autora

O teste de pré-entrada realizado na casa de bombas não mostrou alterações. O resumo das informações sobre as características físicas da casa de bombas pode ser encontrado no quadro 08.

Quadro 8 – Características físicas da casa de bombas

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Casa de bombas
	Altura (profundidade)
Largura	5,00 metros
Comprimento	2,00 metros
Capacidade/Volume	15 m <sup>3</sup>
Quantidade BV	01 unidade
Dimensões BV	0,60 x 0,60 metros
Material construção	Concreto armado

Fonte: Autora

Com base nas informações dos reservatórios e da casa de bombas, é possível fazer várias discussões relevantes para a segurança em espaços confinados. Os resultados dos testes de pré-entrada realizados nos reservatórios não perturbados mostraram que não havia alterações nas atmosferas medidas, isentando o local de riscos atmosféricos. Esses resultados estão alinhados com estudos anteriores, como o de Aneziris *et al.* (2010), que destacaram a importância de medidas de proteção em espaços confinados.

As medições realizadas nos reservatórios 04, 05, 06, 07, 08 e 09 também revelaram a ausência de alterações nas concentrações dos gases e nos níveis de oxigênio. Esses achados corroboram com pesquisas anteriores, como os estudos de Botti *et al.* (2018) e L'Institut National de Recherche et de Sécurité (2014), que destacaram a importância de estratégias integradas para garantir a segurança em espaços confinados.

No caso específico do reservatório 08, que apresentava uma lâmina d'água proveniente das chuvas e ainda não tinha sido impermeabilizado, os resultados das medições não indicaram riscos atmosféricos significativos. Essa situação destaca a necessidade de adotar medidas adicionais de controle e segurança, como mencionado por Guven *et al.* (2012) em relação à avaliação em tempo real de danos e vulnerabilidades em instalações.

É importante ressaltar que a segurança em espaços confinados é uma preocupação constante e deve seguir diretrizes estabelecidas por normas, como a Norma Regulamentadora nº 33, do Ministério do Trabalho e Previdência. Essas normas visam garantir a segurança dos trabalhadores em ambientes confinados, minimizando os riscos associados.

Considerando as referências mencionadas, como Khan *et al.* (2015) e Botti *et al.* (2017), é essencial adotar abordagens integradas, como a análise de riscos e o design inerentemente seguro, para garantir a segurança dos trabalhadores em espaços confinados. Além disso, a realização de testes periódicos, como os testes de pré-entrada, é fundamental para verificar a presença de riscos atmosféricos e garantir um ambiente de trabalho seguro.

Diante do exposto, as informações dos reservatórios e da casa de bombas proporcionam insights importantes sobre a segurança em espaços confinados. Os resultados das medições, aliados às diretrizes estabelecidas pelas referências citadas, reforçam a importância de adotar medidas de prevenção e controle para garantir a segurança dos trabalhadores nessas áreas. Abaixo, segue quadro 9 com os resultados de todas as medições nos espaços “perturbados” e “não perturbados”.

Quadro 9 – Medições realizadas nos espaços confinados

ESPAÇOS CONFINADOS						
	CONDIÇÃO DO LOCAL	O2	CO	H2S	LEL	CO2
Reservatório 01	Perturbado	20,9%	0 ppm	0 ppm	0,0%	140 ppm
Reservatório 02	Perturbado	20,9%	0 ppm	0 ppm	0,0%	140 ppm
Reservatório 03	Perturbado	21,4%	0 ppm	0 ppm	0,0%	170 ppm
Reservatório 04	Perturbado	20,9%	0 ppm	0 ppm	0,0%	(*)
Reservatório 05	Perturbado	20,9%	0 ppm	0 ppm	0,0%	(*)
Reservatório 06	Perturbado	20,9%	0 ppm	0 ppm	0,0%	(*)
Reservatório 07	Não perturbado	20,9%	0 ppm	0 ppm	0,0%	(*)
Reservatório 08	Não perturbado	20,9%	0 ppm	0 ppm	0,0%	(*)
Reservatório 09	Não perturbado	20,9%	0 ppm	0 ppm	0,0%	(*)
Casa de bombas	Não perturbado	20,9%	0 ppm	0 ppm	0,0%	(*)

(\*) O sensor sem fio utilizado nos canteiros de obras não fazia a leitura de CO2.

Fonte: Autora

#### 4.5 Visitas realizadas nos condomínios: edifícios residenciais

Foram realizadas visitas em 15 condomínios residenciais, pois apesar de 21 pessoas terem participado do questionário de pesquisa, na condição de síndicos, encarregados de serviços gerais e administradores de condomínios, apenas 15 permitiram o acesso nos condomínios para verificação “in loco” da disposição dos reservatórios, o material de construção, bem como meios de acesso e riscos presentes no local.

#### 4.5.1 Informações gerais dos condomínios

Os condomínios estavam localizados em Olinda, Paulista e nos diferentes bairros do Recife. As edificações variaram na quantidade de pavimentos, estando entre 04 e 40. No que diz respeito ao número de apartamentos, os condomínios apresentaram resultados bem variados. A menor quantidade ficou em 8, enquanto o de maior ficou em 704 apartamentos divididos em torres ou blocos. Quanto aos reservatórios analisados, observou-se que 100% deles eram construídos em concreto armado, posicionados horizontalmente, sendo parte deles localizados na cobertura da edificação(superiores) e outra parte no pavimento térreo (inferiores). Abaixo, o quadro 10 mostra, de forma detalhada, as informações dos locais.

Quadro 10 – Informações gerais dos condomínios visitados

Localização (bairro)				
	Número de pavimentos	Número de apartamentos	Reservatório inferior	Reservatório superior
Monteiro	27	54	2	1
Bairro Novo	15	26	2	1
Poço da Panela	9	56	1	1
Barro	14	224	4	4
Boa Viagem	20	100	4	1
Encruzilhada	25	75	3	1
Boa Viagem	4	8	2	1
Detran	4	8	2	1
Boa Viagem	5	48	3	3
Boa Viagem	8	40	3	1
Rosarinho	40	72	4	1
Iputinga	20	288	4	4
Boa Viagem	22	85	3	2
Artur Lundgren	16	704	8	8
Graças	22	40	2	1

Fonte: Autora

#### 4.5.2 Acesso aos reservatórios inferiores e superiores

Os reservatórios inferiores estavam localizados em áreas de circulação de pessoas ou de estacionamento, facilitando desta forma o acesso. Mesmo estando no pavimento térreo somente foi possível realizar inspeção e fotografias na presença do síndico ou algum funcionário da portaria e serviços gerais. Para estes reservatórios não houve dificuldades de acesso e tinham tampas metálicas ou de concreto, que podem ser visualizadas na figura 59 abaixo.

Figura 59 – Acesso e localização dos reservatórios inferiores



Fonte: Autora

Embora os reservatórios superiores tenham apresentado deferentes graus de dificuldade de acesso, a situação é variada. Localizados na cobertura dos edifícios, a maioria desses reservatórios era acessível por meio de escadas fixas verticais, corretamente instaladas na estrutura da edificação. Entretanto, como pode ser visto na figura 60 abaixo, foram encontradas também escadas em desacordo com a regulamentação vigente. Conforme a NR 35 (2022) é obrigatório que escadas fixas externas sejam construídas de materiais resistentes a intempéries, tenham uma largura mínima entre 0,40m e 0,60m e contem com corrimão ou extensão dos montantes acima do piso superior, atingindo uma altura de 1,10m a 1,20m.

Figura 60 – Acesso aos reservatórios superiores na cobertura das edificações



Fonte: Autora

Foi visto também acesso sem escada, em que era necessário subir até o último andar e acessar o telhado através de uma passagem caracterizada por pequena abertura na parede com portão, instalado a 0,80m de altura do nível do piso. A diferença de nível sem um degrau ou batente, e a pequena dimensão da passagem tornaram o local de difícil acesso. Portanto, após passar pelo portão, a movimentação para alcançar o reservatório era sobre as telhas em fibrocimento,

potencializando o risco de quebra das mesmas, bem como a queda de quem precise acessar o local. O acesso está mostrado na figura 61.

Figura 61 – Passagem para reservatório superior sem escada de acesso



Fonte: Autora

#### **4.5.3 Riscos adicionais nos reservatórios superiores**

Os riscos atmosféricos no interior dos reservatórios não foram identificados devido a todos eles estarem em uso (cheios), no momento da visita. Entretanto, os locais proporcionaram o ensejo de se observar a existência de riscos adicionais, ou seja, todos os outros fatores não relacionados ao espaço confinado, mas específicos do ambiente, que podem afetar direta ou indiretamente, a segurança e a saúde do trabalhador ou das pessoas que precisem acessar esses ambientes.

Dos riscos observados, o mais evidente foi o risco de quedas de altura, pois dos 15 condomínios visitados, apenas 1 tinha sistema de proteção contra quedas, através de guarda corpo metálico. Então, embora a NR 35 determine a instalação de Sistema de Proteção Coletiva Contra Quedas – SPCQ projetado por profissional legalmente habilitado, esta não foi a realidade encontrada. O guarda corpo de proteção registrado no condomínio está mostrado na figura 62.

Figura 62 – Sistema de proteção coletiva contra quedas



Fonte: Autora

Desta forma, significa dizer que 14 dos locais visitados apresentaram periferias desprotegidas contra quedas de altura, nas áreas de disposição dos reservatórios superiores. Inclusive, o risco de quedas esteve constantemente presente nos momentos de registrar esta realidade através de fotografias. O registro fotográfico das áreas desprotegidas permite que várias reflexões sejam feitas acerca da insegurança de trabalhadores que necessitem realizar as manutenções, limpezas e reparos, periodicamente. Algumas das imagens podem ser vistas na figura 63.

Figura 63 – Periferias abertas nas áreas dos reservatórios superiores



Fonte: Autora

Ainda analisando o risco de quedas de altura, foi observado que nem todos os condomínios tinham pontos de ancoragem para a fixação de cintos de segurança, possibilitando o acesso aos reservatórios com segurança. Ao questionar o representante do condomínio que acompanhou a sua rastreabilidade, tudo sob orientação de um profissional devidamente habilitado. Esses grampos podem ser visualizados na figura 64.

Figura 64 – Grampos utilizados para segurança do trabalhador



Fonte: Autora

Porém, mesmo com a disponibilidade de pontos de ancoragem foi visto que os serviços são realizados sem a devida segurança, como mostra a figura 65 abaixo.

Figura 65 – Trabalhador exposto ao risco de quedas de altura



Fonte: Autora

Dos 15 condomínios visitados apenas 01 deles tinha pontos de ancoragem que atendiam as exigências estabelecidas pela regulamentação vigente e podem ser vistos no registro fotográfico da figura 66.

Figura 66 – Grampos em aço inoxidável utilizado para segurança do trabalhador



Fonte: Autora

A inspeção realizada nos 15 condomínios proporcionou uma valiosa oportunidade para observar como os requisitos de segurança são atendidos durante o pós obra, pois comumente, a ênfase na segurança é mais acentuada durante a fase de construção da edificação. Entretanto, mesmo que os riscos em condomínios sejam percebidos como menos frequentes, é importante reconhecer que eles não são insignificantes, merecendo atenção adequada.

## 5 DISCUSSÕES

Os especialistas apontaram os treinamentos como uma das principais dificuldades na aplicação da NR 33 nos canteiros de obras. No entanto, ao aplicar a lista de verificação durante as visitas, verificou-se que todos os trabalhadores haviam sido treinados em 100% das atividades realizadas nos espaços confinados, o que contraria a opinião dos especialistas. Isso levanta questionamentos sobre a qualidade e eficácia desses treinamentos, bem como a possibilidade de serem apenas certificados "de gaveta". A esse respeito é válido afirmar que a realidade tem mostrado que existem não apenas os certificados, como também programas de segurança e saúde "de gavetas", visto que as inspeções realizadas nos canteiros de obras puderam identificar que os próprios profissionais de segurança ignoram as informações contidas nestes documentos. E o desconhecimento destas informações pode ecoar no desconhecimento dos riscos e da legislação.

A falta de conhecimento da legislação também foi apontada como um fator crítico, porém é importante entender a razão dessa alegação, considerando que a legislação é clara e amplamente difundida. Isso indica a falta de cumprimento dos requisitos mínimos estabelecidos na norma e reflete a necessidade de uma análise mais aprofundada sobre o conhecimento das equipes técnicas, gestores e empregadores (CHIU *et al.*, 2020).

A indisponibilidade de equipamentos necessários para o uso em espaços confinados, incluindo Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e equipamentos de monitoramento de riscos atmosféricos, também foi identificada como uma deficiência. Embora os especialistas tenham citado a utilização de exaustores de ar, proteção respiratória e insufladores de ar como principais medidas adotadas em seus ambientes de trabalho, a aplicação do checklist revelou a inexistência dessas medidas em todos os locais, destacando contradições e conflitos de informações.

No planejamento das obras, os custos, recursos e investimentos em segurança nem sempre são levados em consideração, resultando em uma visão em que a segurança é vista como um prejuízo para a empresa em vez de um ganho, como a preservação da vida dos trabalhadores, inclusive no que diz respeito à contratação de profissionais da área, que mesmo sendo contratados não têm autonomia para exercer sua função. A falta de independência dos profissionais de segurança é apontada como um ponto frágil no cumprimento da norma. A autonomia refere-se à capacidade de agir por conta própria, utilizando o conhecimento que possuem. Nos canteiros de obras, essa

autonomia muitas vezes entra em conflito com os interesses econômicos das empresas e fere a autoridade dos gestores. No entanto, como afirma o L'Institut National de Recherche et de Sécurité (2014), a autonomia é fundamental para antecipar os riscos e preservar a vida e a saúde dos trabalhadores.

Os riscos adicionais presentes nos espaços confinados, como o risco de queda de altura, foram observados nos reservatórios localizados na cobertura das edificações, nos canteiros de obras e no condomínio empresarial. Durante as medições, constatou-se a falta de dispositivos de proteção contra quedas, como linhas de vida. Esses problemas podem ser atribuídos a falhas na gestão, falta de investimento, conhecimento, comprometimento e conscientização. A conscientização tanto dos trabalhadores quanto dos empregadores é essencial, pois se uma empresa não valoriza a segurança e a vida, não se pode esperar que seus colaboradores o façam. (BOTTI *et al.*, 2018).

Apesar do conhecimento demonstrado pelos especialistas, a realidade nos canteiros de obras apresentou resultados diferentes, com a falta de inclusão dos riscos dos espaços confinados no Inventário de Riscos, falta de procedimentos de trabalho e a ausência de equipes de resgate. Embora tenha sido encontrado um Plano de Atendimento a Emergências, esse plano também não contemplava os riscos específicos dos espaços confinados.

Essas discussões ressaltam a importância de abordar questões relacionadas à qualidade dos treinamentos, conhecimento e conscientização dos profissionais, disponibilidade de equipamentos adequados, consideração dos custos e investimentos em segurança, autonomia dos profissionais de segurança, mitigação dos riscos adicionais presentes nos espaços confinados e a necessidade de procedimentos adequados e planos de emergência que abranjam os riscos específicos desses espaços.

Foi constatado que 76,2% dos síndicos, encarregados de serviços gerais e representantes de administradoras admitem não efetuar o monitoramento prévio das condições atmosféricas dentro dos reservatórios, e mais da metade desses participantes declarou não empregar sistemas de ventilação ou exaustão nesses espaços. Essa prática pode sugerir um uso protocolar do EPI, sem a devida avaliação dos riscos envolvidos, ou até mesmo uma discrepância entre o relato e a prática efetiva deste uso.

O tempo de experiência dos participantes do questionário na administração dos condomínios deve ser levado em consideração, visto que, apesar de uma ampla variação de períodos, que variaram de 2 meses a 23 anos, o tempo mais comum foi de 2 anos, que seja talvez, relativamente curto, podendo corroborar com possíveis descuidos no cumprimento das normas de segurança, contudo devam ser considerados também outros fatores.

No que diz respeito à realização de manutenções e reparos, embora o período anual tenha aparecido como sendo o mais representativo, vale salientar que existem outros pontos a serem considerados, como por exemplo a participação ativa de todos os interessados, ou seja, os condôminos, que nem sempre contribuem para a rápida e efetiva realização dos serviços.

Ainda de acordo com as respostas obtidas no questionário de pesquisa, 81% dos participantes acreditam que os acidentes ocorrem principalmente devido à falta de treinamento. Os respondentes afirmaram ainda que 90,5% dos funcionários do condomínio nunca receberam treinamentos para atuar em espaços confinados. No entanto, essa correlação pode não indicar necessariamente um fator agravante, considerando que um percentual equivalente (90,5%) também mencionou que todos os serviços de reparo, limpeza e manutenção são executados por empresas especializadas.

À princípio, contratar uma terceirizada pode trazer uma expectativa bastante positiva, por se entender – na maioria das vezes – que as manutenções, reparos e limpezas realizar-se-ão da forma mais assertiva, e conseqüentemente, mais segura. Porém, é importante considerar também que esta contratação ‘pode compreender “qualquer terceirizada”, e desta forma já não trará um bom resultado como esperado.

Apesar de não ter sido identificado riscos atmosféricos – que não foram medidos por motivos já apontados nos resultados – o risco de quedas de altura ficou muito evidente, pois 93,3% de todos as periferias observadas (onde estavam localizados os reservatórios superiores) não estavam protegidas por sistema de guarda corpo de proteção. Porém, essa evidência pode não retratar a realidade dos condomínios do Recife e grande Recife, considerando a pequena quantidade de locais investigados. O risco de quedas estava presente, inclusive, nos momentos de se obter os registros fotográficos para esta pesquisa. O que chamou a atenção foi o fato de que as pessoas do condomínio que acompanharam a visita pareciam completamente alheias a esse risco, demonstrando a falta de informação nesse sentido.

A figura 65 - nos resultados - mostrou um trabalhador que exercia serviços na cobertura sem fazer uso do cinto de segurança, muito embora houvesse pontos para fixação do equipamento de proteção individual. A questão deixa claro que contratados não se preocupam com a própria vida, assim como contratantes não fiscalizam o cumprimento das normas. Situações semelhantes a estas serão, com toda certeza, palco para muitas discussões futuras.

A pesquisa também revelou que o risco de choque elétrico foi apontado como risco adicional nas atividades em espaços confinados, representado por 56,7%. Devido a rotatividade, principalmente nos canteiros de obras, cuidados devem ser aumentados no uso de extensões, responsáveis pela alimentação das lâmpadas e das ferramentas elétricas portáteis, dentro desses locais. É fato, que a maioria das áreas confinadas não conta com iluminação natural e, como também artificial, sendo necessário desta forma, o uso das extensões para realização das atividades. No entanto, os equipamentos para bombear a água também são fator preocupante.

As bombas mais frequentes no abastecimento d'água das obras e condomínios são as submersas e as centrífugas (também conhecidas como de sucção). Como o próprio termo atesta, as submersas são aquelas que trabalham mergulhadas na água; as centrífugas acima do solo. Esses equipamentos oferecem algumas vantagens e desvantagens, dentre elas: custo, facilidade de instalação e segurança na operação (único aspecto importante para esta pesquisa). Entretanto, considerando a segurança do trabalhador, a bomba de sucção seria a mais recomendada, pois não havendo o contato do equipamento energizado com a água, o risco de choque elétrico diminui, consideravelmente. Apesar de considerada a mais segura, as bombas centrífugas são menos utilizadas, talvez justificado pelo alto custo.

No tocante às bombas submersas, são bastante utilizadas, provavelmente, pelo baixo custo. Vale destacar, que nos canteiros de obras é muito comum durante o uso destes equipamentos os trabalhadores se manterem em contato com a água, que por sua vez está em contato com o equipamento energizado, potencializando o perigo, o que aumenta o risco de choque elétrico no trabalhador.

O BIM por sua vez, foi uma das ferramentas tecnológicas apontadas para o monitoramento e controle dos riscos, com viabilidade para canteiros de obras e condomínios. Como ferramenta que visa facilitar a interpretação visual de um edifício, ajuda no diagnóstico de erros, possibilitando as melhorias de forma antecipada, já que sendo um modelo em 3D permite aos

usuários visualizarem áreas e situações desejadas de forma automática e instantânea. Isso possibilita a interferência necessária para alteração e melhoria da segurança, ainda na fase de projeto. Como afirma Eastman (2011) permite que qualquer pessoa envolvida no projeto possa processar informações, imediatamente, tornando o compartilhamento mais rápido. Isso implica que as partes envolvidas na construção trabalhem mais intensamente entre si, e estimula o trabalho de forma mais colaborativa (KOLAREVIC, 2009).

Segundo Kamardeen (2010), segurança e prevenção de acidentes em BIM consistem em três tarefas: determinar os riscos no modelo; promover sugestões de segurança para perfis de risco alto; e propor controle de riscos e de segurança do trabalho na obra para os perfis de riscos incontroláveis, através do modelo. Significa dizer que o BIM pode prever os riscos no processo construtivo (obra) e pós construtivo (condomínio), permitindo que componentes de segurança sejam adicionados e soluções para os problemas sejam fornecidas, já que é possível a compatibilização dos projetos complementares.

Castelo Branco (2023), num estudo de caso em edifício de dois andares, mostrou como o BIM pode facilitar a visão dos riscos na segurança do trabalho para todos os envolvidos no projeto. A ferramenta analisou os riscos de quedas de altura, quedas de matérias e a presença de poeiras, permitindo que os graus de riscos fossem visualizados. Foi utilizado um sistema de código de cores em que áreas com maior incidência de riscos apresentavam-se com cores mais quentes, permitindo a identificação dos locais com maior probabilidade de ocorrer acidentes graves. A ferramenta possibilitou que a qualquer momento do processo, as partes envolvidas tinham acesso à informação, e de forma antecipada, adotar medidas preventivas e de controle.

A pesquisa também apontou o quanto as pessoas podem ser resistentes no modo de enxergar as coisas e como ainda trazem suas percepções “engessadas” com raras possibilidades de mudanças. As mudanças representam desafios a serem vencidos em todas as áreas da vida e no contexto da segurança no trabalho não é diferente. Como é sabido, o paradigma define como se entende determinado interesse sob a própria ótica, significando dizer que mudança de paradigma pode ser muito complexo, que apesar de requerer conhecimento (pois amplia o campo de visão e o entendimento), solicita também esforço e vontade.

Válido lembrar ainda que o sistema de drenagem dos condomínios (especificamente as galerias de águas pluviais) é uma situação preocupante (apesar de não ter sido objeto deste estudo) por

tratar-se também de um espaço confinado, devido à frequência dos serviços de limpeza e manutenções. Por ser uma área confinada requer o monitoramento da atmosfera antes da liberação para entrada do trabalhador. Além dos riscos atmosféricos, os sistemas de drenagem apresentam riscos de afogamentos em virtude da profundidade das galerias, que somado a outros fatores, podem contribuir potencialmente para ocorrência de acidentes graves e fatais.

Por fim, foram propostas diretrizes de segurança a serem aplicadas antes da realização dos serviços nos reservatórios de água. As diretrizes indicadas visam nortear a atuação dos envolvidos nos serviços realizados em espaços confinados, que inclui, além dos que vão realizar os serviços, também síndicos, encarregados de serviços gerais e representantes das empresas administradoras de condomínios, a fim de reforçar os cuidados necessários, visando a segurança de todos os envolvidos. As diretrizes seguem listadas abaixo.

#### **Diretrizes para o trabalho em espaços confinados:**

1. Realizar, preliminarmente, a identificação dos riscos presentes nos espaços confinados.
2. Garantir que o acesso ao espaço confinado somente ocorra após tomadas todas as medidas de segurança.
3. Informar aos trabalhadores das empresas terceirizadas ou do condomínio os riscos presentes no local.
4. Fornecer ao condomínio toda documentação pertinente ao treinamento e a aptidão do trabalhador que realizará os serviços (para as terceirizadas)
5. Providenciar os treinamentos e exames necessários ao trabalhador que realizará os serviços (para funcionários do condomínio).
6. Proibir a entrada e o trabalho em espaço confinado sem a prévia autorização.
7. Garantir que os trabalhos sejam acompanhados por representantes do condomínio, que conheçam a legislação e suas exigências mínimas.
8. Avaliar a atmosfera presente nos reservatórios antes de liberar a entrada, garantindo que o seu interior seja seguro (o percentual de oxigênio indicado é de 20,9%).
9. Permitir a entrada no espaço com percentual de oxigênio entre 19,5% e 23,0% apenas se a causa da redução ou enriquecimento for conhecida ou controlada, e proibir a entrada se for inferior a 19,5% e superior a 23%.
10. Realizar a ventilação/exaustão do local caso a medição da atmosfera apresente alteração.
11. Considerar os riscos adicionais e de entorno (tais como: quedas de altura, choque elétrico).
12. Acompanhar a saúde do trabalhador, a fim de certificar-se se está apto ao serviço.

**Diretrizes para o trabalho em altura:**

1. Assegurar a realização de inspeção prévia das condições do local de trabalho e no seu entorno, analisando os riscos presentes.
2. Garantir que todo trabalho em altura seja realizado sob supervisão.
3. Permitir que apenas trabalhadores treinados realizem os trabalhos em altura.
4. Acompanhar todos os serviços ainda que realizados por empresas especializadas.
5. Avaliar, previamente, o estado de saúde dos que vão trabalhar em altura.
6. Acessar os reservatórios superiores através de escada fixada à edificação, construída de material resistente às intempéries, com gaiola de proteção e corrimão.
7. Utilizar o cinto de segurança, quando nos serviços dos reservatórios superiores.
8. Verificar se existem grampos, na cobertura do condomínio, para fixação do cinto de segurança.
9. Analisar as condições de uso dos grampos antes de iniciar as atividades.
10. Dimensionar a linha de vida para fixação do cinto de segurança.
11. Contratar profissional habilitado para o dimensionamento da linha de vida.
12. Manter-se com o cinto de segurança fixado à linha de vida durante todo o tempo de serviço.

## 6 CONCLUSÕES

Os artigos pesquisados abordaram espaços confinados em diversas indústrias, com poucas referências específicas à Indústria da Construção e aos canteiros de obras. Isso indica a necessidade de mais pesquisas nesse contexto específico.

A pesquisa identificou ferramentas de gestão que auxiliam as empresas a monitorar e controlar os riscos em espaços confinados, reduzindo o número de acidentes. Essas ferramentas envolvem a verificação da exposição a contaminantes, a análise dos fatores causadores de fatalidades e a análise das respostas térmicas, fisiológicas e sintomas agudos de saúde. Também foram propostos procedimentos de trabalho seguros com base na análise das características dos espaços confinados, experimentos e estudos de caso.

O risco atmosférico foi identificado como a principal causa de mortes em espaços confinados, principalmente entre socorristas. Foram propostas melhorias e mudanças para reduzir a frequência de entrada e trabalho em espaços confinados, utilizando tecnologias como robôs automatizados, sensores sem fio, dispositivos móveis, Realidade Virtual e Modelagem da Informação da Construção (BIM).

A percepção dos especialistas, obtida por meio de um questionário, revelou que a maioria dos participantes tinha conhecimento dos requisitos de segurança para trabalhos em espaços confinados, conforme estabelecido pela NR 33. No entanto, houve variação no nível de conhecimento sobre a norma, e o conhecimento sobre a NBR 16577 foi relatado como menor.

A análise da lista de verificação indicou falta de conformidade com o cadastro exigido pela NR 33 em todos os espaços analisados. Além disso, não foram elaborados nem aplicados procedimentos de segurança específicos para as atividades realizadas nos espaços confinados. No entanto, a Análise Preliminar de Riscos foi elaborada e aplicada em todos os locais.

Foram realizadas medições das concentrações atmosféricas e dos níveis de oxigênio em diferentes espaços confinados, incluindo reservatórios superiores, reservatórios inferiores e casa de bombas, em canteiros de obras e em um condomínio empresarial. A deficiência ou enriquecimento de oxigênio foi identificado como o risco mais presente nos espaços confinados, especialmente em bocas de visitas com diâmetro inferior a 600 mm. As medições dos gases O<sub>2</sub>,

CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S e LEL durante as atividades realizadas nos espaços confinados não apresentaram alterações prejudiciais à saúde, segurança e vida dos trabalhadores, de acordo com os parâmetros da norma.

Essas conclusões destacam a importância de mais estudos específicos sobre espaços confinados na Indústria da Construção, a necessidade de maior conformidade com as normas de segurança, o potencial das tecnologias para melhorar a segurança nesses ambientes e a importância de medidas adequadas de monitoramento e controle dos riscos atmosféricos. Essas informações são relevantes para promover a segurança e a saúde dos trabalhadores nos espaços confinados.

No contexto dos condomínios residenciais, o questionário direcionado a síndicos, encarregados de serviços gerais e representantes de empresas administradoras revelou que entre os serviços executados nos reservatórios, a limpeza é a mais comum, representando 100% das respostas. A maioria dessas atividades de limpeza ocorre anualmente. Quanto à execução dos serviços, 90,5% são realizados por empresas terceirizadas, enquanto apenas uma minoria (9,5%) é realizada por funcionários próprios do condomínio, muito embora tenham afirmado que os serviços terceirizados não são fiscalizados e podem estar sendo feitos de qualquer jeito, inclusive sem segurança.

A pesquisa também revelou que uma significativa parcela dos participantes desconhece os critérios de segurança fundamentais estabelecidos na Norma Brasileira 16.577 e pela Norma Regulamentadora 33. Esta lacuna de conhecimento pode ser um fator determinante para que 76,2% dos participantes tenham indicado a ausência de monitoramento atmosférico nos reservatórios, antes da entrada dos trabalhadores para execução dos serviços. Esta ausência de controle pode desencadear situação que comprometa a vida ou saúde do trabalhador em atividades nos espaços confinados, embora seja importante salientar que 100% dos participantes do questionário afirmaram nunca ter presenciado ocorrência inesperada, como desmaio, falta de ar ou qualquer outro inconveniente.

A medição das atmosferas nos reservatórios não foi viável devido ao fato de estarem em uso, desta forma, preenchidos com água. Entretanto, observou-se a presença de riscos adicionais, sendo o mais representativo deles a queda de altura. Em virtude disto, identificou-se a importância de fornecer orientações detalhadas sobre segurança aos participantes da pesquisa, ou seja, síndicos, encarregados de serviços gerais e representantes de empresas administradoras,

não apenas sobre os riscos atmosféricos nos espaços confinados, mas também os adicionais, especialmente, as quedas de altura. Neste contexto, a pesquisa destacou a relevância de elaborar uma cartilha de segurança a ser distribuída para os participantes do segundo questionário de pesquisa, bem como propor diretrizes claras e práticas a serem aplicadas antes da realização dos serviços.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.577: espaço confinado – prevenção, procedimentos e medidas de proteção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ANEZIRIS, O. N.; PAPAZOGLU, I. A.; KALLIANIOTIS, D. Occupational risk of tunneling construction. **Safety science**, v. 48, n. 8, p. 964-972, 2010.

ATHAR, M. *et al.* Process equipment common attributes for inherently safer process design at preliminary design stage. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 128, p. 14-29, 2019.

ANYFANTIS, Antonios; SILIS, Athanasios; BLIONAS, Spyridon. A low cost, mobile e-nose system with an effective user interface for real time victim localization and hazard detection in USaR operations. **Measurement: Sensors**, v. 16, p. 100049, 2021.

BOTTI, L. *et al.* A framework for preventing and managing risks in confined spaces through IOT technologies. *In: EUROPEAN SAFETY AND REALIBILITY CONFERENCE, 25.*, Zürich. **Proceedings** [...]. Zürich: ESREL, 2015. p. 3209-3217.

BOTTI, L. *et al.* An integrated holistic approach to health and safety in confined spaces. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 55, p. 25-35, 2018.

BOTTI, L.; MORA, C.; FERRARI, E. A methodology for the identification of confined spaces in industry. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE DESIGN AND MANUFACTURING, 68.*, Bologna. **Proceedings** [...]. Bologna: University of Bologna, 2017. p. 701-709.

BOTTI, L.; MORA, C.; FERRARI, E. Design of a digital tool for the identification of confined spaces. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 76, p. 104731, 2022.

BRASIL. Ministério da Economia e Trabalho. LER/Dort afastaram 22 mil trabalhadores das atividades profissionais em 2017. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.trabalho.gov.br/noticias/6194-ler-dort-afastaram-22-mil-trabalhadores-das-atividades-profissionais-em-2017>. Acesso em fevereiro de 2021.

BURLET-VIENNEY, D. *et al.* Occupational safety during interventions in confined spaces. **Safety Science**, v. 79, p. 19-28, 2015.

BURLET-VIENNEY, Damien *et al.* Design and application of a 5 step risk assessment tool for confined space entries. **Safety science**, v. 80, p. 144-155, 2015.

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.

BLAISE, J. C.; LEVRAT, E.; IUNG, B. Process approach-based methodology for safe maintenance operation: From concepts to SPRIMI software prototype. **Safety Science**, v. 70, p. 99-113, 2014.

BRANCO, Castelo; SANTOS, Luana Coeli. **Desenvolvimento de uma ferramenta baseada em BIM para apoiar a avaliação de riscos em projetos de construção**. 2023. Tese de Doutorado.

BROWN, K. R. *et al.* Inherently safer design protocol for process hazard analysis. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 149, p. 199-211, 2021.

CAPUTO, A. C.; PELAGAGGE, P. M.; SALINI, P. AHP-based methodology for selecting safety devices of industrial machinery. **Safety Science**, v. 53, p. 202-218, 2013.

CARDOSO, M. Perigo no silo. Revista Proteção, 2013. Disponível em: <http://www.protecao.com.br/edicoes/2/2013/AJjy>. Acesso em: 13 jun. 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **PIB da Construção**, 2022. Brasília: MTE, 2019. Disponível em: <https://cbic.org.br/pib-da-construcao-fecha-o-ano-com-crescimento-de-97-a-maior-alta-em-11-anos/>. Acesso em: 3 mai. 2023.

CHETTOUH, S.; HAMZI, R.; BENAROUA, K. Examination of fire and related accidents in Skikda Oil Refinery for the period 2002–2013. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 41, p. 186-193, 2016.

CHIU, Chien-Chen; CHANG, Yi-Ming; WAN, Terng-Jou. Characteristic analysis of occupational confined space accidents in Taiwan and its prevention strategy. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 5, p. 1752, 2020.

DANDAN, K. *et al.* Confined spaces: cleaning techniques and robot-based surface cleaning. **American Academic Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences**, v. 22, n. 1, p. 210-230, 2016.

D'U, R. Aminu *et al.* Comparison of the main factors of drowning/asphyxiation in construction projects using multi-decision criteria. In: **IOP conference series: earth and environmental science**. IOP Publishing, 2022. p. 012011.

EASTMAN, Charles M. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. **John Wiley & Sons**, 2011.

FIOCRUZ. Acidentes ergonômicos. Brasília, 2024. Disponível em: [https://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab\\_virtual/riscos\\_ergonomicos.html](https://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/riscos_ergonomicos.html). Acesso em 7 mar. 2024.

FIOCRUZ. Riscos de acidentes. Brasília, 2024. Disponível em: [https://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/virtual%20tour/hipertextos/up1/riscos\\_de\\_acidentes.html](https://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/virtual%20tour/hipertextos/up1/riscos_de_acidentes.html). Acesso em 7 mar. 2024.

GONZALEZ-CORTES, A. *et al.* Inherently Safer Design (ISD) solutions in confined spaces: Experts' practical feedback in Quebec, Canada. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 157, p. 375-389, 2022.

GUVEN, G. *et al.* Providing guidance for evacuation during an emergency based on a real-time damage and vulnerability assessment of facilities. **Computing in Civil Engineering**, p. 586-593, 2012.

HE, Biao *et al.* A numerical simulation study on the formation and dispersion of flammable vapor cloud in underground confined space. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 107, p. 1-11, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL (NIOSH), 2014. Soldador morre durante reparo de soldagem dentro do compartimento do tanque de carga. NIOSH, Cincinnati, OH. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/face/stateface/mi/06MI188.html> . Acesso em: 28 dez. 2022.

ISSA, S. F.; CHENG, Y. H.; FIELD, W. Summary of agricultural confined-space related cases: 1964-2013. **Journal of Agricultural Safety and Health**, v. 22, n. 1, p. 33-45, 2016.

YENJAI, Pornthip *et al.* Hazardous atmosphere in the underground pits of rice mills in Thailand. **Asian Biomedicine**, v. 6, n. 6, p. 867-874, 2012.

JUSTIÇA DO TRABALHO. **O que é acidente de trabalho**, 2021. Disponível em: <https://www.tst.jus.br/web/trabalhoseguro/o-que-e-acidente-de-trabalho>. Acesso em: 7 set. 2022.

KAMARDEEN, Imriyas. 8D BIM modelling tool for accident prevention through design. 2010.

KHAN, F.; RATHNAYAKA, S.; AHMED, S. Methods and models in process safety and risk management: Past, present and future. **Process safety and environmental protection**, v. 98, p. 116-147, 2015.

KOLAREVIC, Branko. Towards integrative design. **International journal of architectural computing**, v. 7, n. 3, p. 335-344, 2009.

KOLBE, M.; SIMOES, V.; SALZANO, E. Including detonations in industrial safety and risk assessments. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 49, p. 171-176, 2017.

KULCSAR NETO, F.; SCARDINO P.; POSSEBON, J. Espaços Confinados Acidentes Graves e Fatais: Clipping de Notícias. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. São Paulo, SP, Brasil, 2000.

LEMES S. L. **CondomínioSC**-Informando o síndico catarinense. Disponível em: <https://condominiosc.com.br/jornal-dos-condominios/gestao/5161-mantenha-o-seu-condominio-longo-de-acidentes-de-trabalho>. Acesso em: 14 set. 2023.

L'INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ. **Revue Hygiène & Sécurité du Travail**, 2014. Paris: INRS, 2014. Disponível em: <https://www.inrs.fr/publications/hst/dans-ce-numero.html;jsessionid=8C3297D65BABEABAFC41DE487D8D48F8>. Acesso em: 05 jun. 2023.

LYON, B. K.; POPOV, G. Risk treatment strategies: Harmonizing the hierarchy of controls and inherently safer design concepts. **Professional Safety**, v. 64, n. 05, p. 34-43, 2019.

LUNN, M. M. **Essentials of Medicolegal Death Investigation**. London: Academic Press, 2016.

MARTINS, N. A. S. **Nível de oxigênio em espaços confinados: risco real ou risco percebido**. 2018. Dissertação (Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho) - Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Ciências Empresariais, Setúbal, 2018.

MEJÍAS, C. *et al.* Clinical response of 20 people in a mining refuge: Study and analysis of functional parameters. **Safety Science**, v. 63, p. 204-210, 2014.

MENTES, Ayhan; MOLLAHMETOGLU, Ertugrul. A resilient approach of safety assessment for confined space operations ON FPSO units. **Ocean Engineering**, v. 252, p. 111141, 2022.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Norma Regulamentadora nº 33**: segurança e saúde no trabalho em espaços confinados, 2019. Brasília: MTE, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-33-nr-33>. Acesso em: 7 set. 2022.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Norma Regulamentadora nº 01**: disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais, 2022. Brasília: MTE, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-01-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2024.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Norma Regulamentadora nº 01**: disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais, 2021. Brasília: MTE, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-01-atualizada-2020.pdf>. Acesso em: 7 set. 2022.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Norma Regulamentadora nº 35**: Trabalho em altura, 2022. Brasília: MTE, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-35-atualizada-2022-4-1-3.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2023.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Norma Regulamentadora nº 12**: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, 2019. Brasília: MTE, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-12-atualizada-2024.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2024.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Norma Regulamentadora nº 15:** atividades e operações insalubres, 2022. Brasília: MTE, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-15-anexo-11.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2024.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Análise de Impacto Regalatório**, 2021. Brasília: MTE, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/relatorios-de-air-1/relatorio-air-nr-33.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2023.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Rais: estoque de empregos formais no Brasil**, 2021. Brasília: MTE, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2022/11/rais-2021-estoque-de-empregos-formais-no-brasil-foi-de-48-7-milhoes>. Acesso em: 5 mai. 2023.

MINISTÉRIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA. NTP 223: **Trabajos en recintos confinados**, 1985. Espanha, 1985. Disponível em: [https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp\\_223.pdf/3c0e8055-b69a-4e4c-97d3-fba1f5b6e43c](https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_223.pdf/3c0e8055-b69a-4e4c-97d3-fba1f5b6e43c). Acesso em: 05 mai. 2023.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Criteria for a Recommended Standard: Working in Confined Spaces**, 1979. United States of America: NIOSH, 1979. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/80-106/pdfs/80-106.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB80106>. Acesso em: 30 mai. 2023.

NAGHAVI, Z. *et al.* Exploring the contributory factors of confined space accidents using accident investigation reports and semistructured interviews. **Safety and health at work**, v. 10, n. 3, p. 305-313, 2019.

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ACT. **Ontario Regulation 632/05: Confined Spaces**, 2015. Canadá, 2015. Disponível em: <https://www.ontario.ca/laws/regulation/050632/v7>. Acesso em: 05 mai. 2023.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. **Occupational Afety and Health Standards**, 2003. United States of America: OSHA, 2003. Disponível em: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.146>. Acesso em: 05 jun. 2023.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH COUNCIL. **Code of Practice**, 2000. Hong Kong, 2000. Disponível em: <https://www.labour.gov.hk/eng/public/os/B/space.pdf>. Acesso em: 16 out. 2023.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho: um instrumento para uma melhoria contínua**, 2011. Disponível em: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_154878.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_154878.pdf). Acesso em: 24 ago. 2022.

PEARCE, N. A.; RUSCZEK, R. A. **NFPA 350 Guide for Safe Confined Space Entry and Work**. In: ASSE PROFESSIONAL DEVELOPMENT CONFERENCE AND EXPOSITION, 24 set. 2022.

RIAZ, Z. *et al.* CoSMoS: A BIM and wireless sensor based integrated solution for worker safety in confined spaces. **Automation in construction**, v. 45, p. 96-106, 2014.

RIEDEL, S. M.; FIELD, W. E. Summation of the frequency, severity, and primary causative factors associated with injuries and fatalities involving confined spaces in agriculture. **Journal of agricultural safety and health**, v. 19, n. 2, p. 83-100, 2013.

REINHOLD, K.; JÄRVIS, M.; TINT, P. Practical tool and procedure for workplace risk assessment: Evidence from SMEs in Estonia. **Safety science**, v. 71, p. 282-291, 2015.

RIBEIRINHO, M. J.; MISCHKE, J.; STRUBE, G.; SJÖDIN, E.; BLANCO, J. L.; PALTER, R. ... & ANDERSSON, T. The next normal in construction: How disruption is reshaping the world's largest ecosystem. McKinsey & Company: Zurich, Switzerland, 2020.

SALVADO, F. C. *et al.* Confined explosions: The effect of compartment geometry. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 48, p. 126-144, 2017.

SELMAN, J. *et al.* An investigation into the rate and mechanism of incident of work-related confined space fatalities. **Safety science**, v. 109, p. 333-343, 2018.

SELMAN, J. *et al.* Confined space rescue: a proposed procedure to reduce the risks. **Safety science**, v. 113, p. 78-90, 2019.

SELMAN, Jason *et al.* An investigation into the rate and mechanism of incident of work-related confined space fatalities. **Safety science**, v. 109, p. 333-343, 2018.

SELMAN, J. *et al.* Work-related traumatic fatal injuries involving confined spaces in Australia, 2000-2012. **Journal of Health, Safety and Environment**, v. 33, n. 2, 2017.

STEFANA, E. *et al.* Predictive models to assess Oxygen Deficiency Hazard (ODH): A systematic review. **Safety science**, v. 75, p. 1-14, 2015.

SMITH, T. D. *et al.* Assessment of confined space entry and rescue training for aircraft rescue and fire fighting (ARFF) members in the United States. **Journal of safety research**, v. 67, p. 77-82, 2018.

SUNDAL, M. K. *et al.* Asphyxiation death caused by oxygen-depleting cargo on a ship. **Forensic science international**, v. 279, p. e7-e9, 2017.

WILSON, M. P.; MADISON, H. N.; HEALY, S. B. Confined space emergency response: Assessing employer and fire department practices. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 9, n. 2, p. 120-128, 2012.

WUTHICHOTWANICHGIJ, Gobchok; GEATER, Alan F. Low-oxygen atmosphere and its predictors among agricultural shallow wells in Northern Thailand. **Safety and health at work**, v. 6, n. 1, p. 18-24, 2015.

XIA, J. *et al.* Human factors analysis of China's confined space operation accidents from 2008 to 2018. **Journal of loss prevention in the process industries**, v. 71, p. 104480, 2021.

XU, Yong-liang et al. Experimental and mechanism study of electrically charged water mist for controlling kerosene fire in a confined space. **Procedia engineering**, v. 71, p. 246-252, 2014.

**APÊNDICE A – Questionário sobre a percepção dos riscos e ferramentas de gestão nos espaços confinados dos canteiros de obras**

**Questionário para identificar a percepção dos riscos e as ferramentas de gestão, nos espaços confinados, dos canteiros de obras**

**A. Informações gerais**

Indica uma pergunta obrigatória \*

Seção para marcar apenas uma alternativa (\*\*)

Seção para marcar mais de uma alternativa (\*\*\*)

1. Função do profissional participante da pesquisa\* (\*\*)

- Técnico de Segurança do Trabalho
- Engenheiro de Segurança
- Supervisor/Gerente de Obras
- Engenheiro Civil
- Técnico de Edificações

2. Trabalha há quanto tempo na função? \* \_\_\_\_\_

**B. Percepção dos riscos presentes nos espaços confinados**

1. Na empresa que você trabalha existe espaço confinado? \* (\*\*)

- Sim                       Não

2. Se "sim" qual seria?

- Reservatório d'água inferior
- Reservatório d'água superior
- Castelo d'água
- Outros

3. Quanto tempo de experiência você tem nas atividades realizadas em espaços confinados? \* (\*\*)

- Menos de 1 ano     1 a 2 anos     3 a 4 anos     5 a 10 anos     Mais de 10 anos

4. Você caracterizaria um espaço confinado como sendo: \* (\*\*)

- Aquele com meios limitados de entrada e saída
- Sem iluminação natural e pouco ventilado
- Não projetado para ocupação humana contínua
- Com enriquecimento/deficiência de oxigênio
- Aquele em que exista ou possa existir uma atmosfera perigosa

5. A atividade realizada exige a entrada do trabalhador no espaço confinado? \* (\*\*)

- Sim                       Não

6. Na sua opinião haveria outra forma de realizar a atividade sem a entrada no espaço confinado? \* (\*\*)

- Sim                       Não

7. Se sua resposta anterior foi "sim", qual seria essa forma?

\_\_\_\_\_

8. Você sabe quais os requisitos de segurança para trabalhar dentro de um espaço confinado? \* (\*\*)

- Sim  Não

9. Você tem ciência das exigências contidas na Norma Regulamentadora 33 - Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados? \* (\*\*)

- Sim  Não

10. Você tem ciência das exigências contidas na Norma Regulamentadora 33 - Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados? (\*)

- Sim  Não

11. Nos espaços confinados que você acompanha ou acompanhou alguma atividade, quais riscos você identificaria como os mais presentes? \* (\*\*\*)

- Agentes tóxicos/asfixiantes/contaminantes  
 Deficiência/enriquecimento de oxigênio  
 Presença de vapores explosivos e/ou inflamáveis  
 Outros  
 Nenhum dos riscos acima

12. Você identifica riscos adicionais durante a realização das atividades nos espaços confinados, tais como: \* (\*\*\*)

- Choque elétrico  
 Quedas de altura  
 Afogamentos  
 Riscos ergonômicos  
 Outros

13. Numa escala de 0 a 10 (sendo 0 nenhum domínio e 10 expressivo domínio) como você avaliaria o seu nível de conhecimento com relação à Norma Regulamentadora 33? \* (\*\*)

- De 1 a 2  De 3 a 4  De 5 a 6  De 7 a 8  De 9 a 10

14. Na sua opinião, quais as principais dificuldades para aplicação da Norma Regulamentadora 33? \*

---

15. Qual a sua sugestão para superar essa dificuldade? \*

---

16. Conhece a ABNT NBR 16577: Espaço confinado - Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção? \* (\*\*)

- Sim  Não

17. Numa escala de 0 a 10 (sendo 0 nenhum domínio e 10 expressivo domínio) como você avaliaria o seu nível de conhecimento com relação à ABNT NBR 16577 – Espaço confinado: Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção? (\*)

- De 1 a 2  De 3 a 4  De 5 a 6  De 7 a 8  De 9 a 10

### C. Gestão dos riscos nos espaços confinados

1. É emitida permissão de entrada antes do acesso ao espaço confinado? \* (\*\*)

Sim  Não

2. São aplicados procedimentos e análises de riscos? (\*)

Sim  Não

3. Que medidas de controle são normalmente utilizadas nos espaços confinados que você acompanha? \* (\*\*)

- Insufladores de ar  
 Exaustores de ar  
 Proteção respiratória  
 Outras medidas de controle  
 Nenhuma das medidas acima

4. Existem dificuldades associadas à utilização dessas medidas de controle? Quais seriam? \*

---

5. Para o monitoramento atmosférico é utilizada alguma tecnologia? \* (\*\*)

Sim  Não

6. A(s) tecnologia(s) adotada é(são): \* (\*\*\*)

- Sensores catalíticos (inflamáveis)  
 Sensores eletroquímicos  
 Outras tecnologias  
 Nenhuma das tecnologias acima

7. Se marcou a opção “outras tecnologias” indique quais:

---

8. Na sua opinião, qual tecnologia poderia ser introduzida para melhorar o monitoramento dos espaços confinados?\*

---

9. Os trabalhadores envolvidos nas atividades que você acompanha nos espaços confinados são treinados de acordo com a NR-33? \* (\*\*)

Sim  Não

10. Existe equipe treinada para o resgate de trabalhadores em situações de emergência? \* (\*\*)

Sim  Não

11. Os trabalhadores utilizam todos os EPI's indicados aos riscos presentes nas atividades? \* (\*\*)

Sim  Não

12. O princípio de Proteção Coletiva Permanente em Espaço Confinado (como por exemplo: eliminar o espaço confinado; evitar a necessidade de entrada) é aplicado em seu ambiente de trabalho? \* (\*\*)

Sim  Não

13. Na sua opinião, quais as principais causas de acidentes nos espaços confinados, na Indústria da Construção? \* (\*\*)

- Falta treinamento
- Falhas na gestão
- Desconhecimento Normas
- Escassez recursos
- Outros

14. Para finalizar, observa-se que em muitos canteiros de obras os reservatórios de água, castelos d'água, etc. não são tratados como senso espaços confinados. Na sua opinião, por que isso acontece? \*

---

**APÊNDICE B – Questionário sobre a percepção dos riscos nos espaços confinados dos condomínios**

## Questionário para identificar a percepção dos riscos, nos espaços confinados, em condomínios

### A. Informações gerais

Indica uma pergunta obrigatória \*

Seção para marcar apenas uma alternativa (\*\*)

Seção para marcar mais de uma alternativa (\*\*\*)

1. Função do profissional participante da pesquisa\* (\*\*)

- Síndico
- Encarregado de Serviços Gerais
- Serviços Gerais
- Representante de empresa administradora

2. Trabalha há quanto tempo na função ou cargo? \* \_\_\_\_\_

3. Você sabia que os reservatórios de água são considerados um Espaço Confinados (EC)? \* (\*\*)

- Sim
- Não

4. Você sabe quais os requisitos de segurança para trabalhar dentro dos reservatórios de água (EC)? \* (\*\*)

- Sim
- Não

5. Com que frequência são realizados os serviços de limpeza? \* (\*\*) \_\_\_\_\_

6. Com que frequência são realizados os serviços de manutenção ou reparo? \* (\*\*) \_\_\_\_\_

7. Quando precisa ser realizado um serviço dentro do(s) reservatório(s), normalmente: \* (\*\*)

- Contrata empresa especializada
- Realiza com um funcionário do próprio condomínio

8. Quando contratadas empresas especializadas, o condomínio fiscaliza o cumprimento das normas de segurança referentes a espaços confinados? \* (\*\*)

- Sim
- Não

9. Existe funcionário do condomínio treinado para trabalhos em espaços confinados? \* (\*\*)

- Sim
- Não

10. Você tem conhecimento da Norma Regulamentadora 33 - Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados? \* (\*\*)

- Sim
- Não

11. Você conhece a ABNT NBR 16577: Espaço confinado - Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção? \* (\*\*)

- Sim
- Não

12. Nos serviços realizados dentro dos reservatórios são feitas as medições dos gases presentes? \* (\*\*)

- Sim
- Não

13. Nos serviços realizados dentro dos reservatórios é utilizado algum equipamento de ventilação ou exaustão? \* (\*\*)

Sim  Não

14. Você já presenciou alguma ocorrência inesperada ao realizarem serviços dentro dos reservatórios? (Tipo: falta de ar, desmaio, ou qualquer outro inconveniente) \* (\*)

Sim  Não

Caso tenha presenciado alguma ocorrência inesperada, poderia dizer qual foi? \_\_\_\_\_

16. Os trabalhadores utilizam máscaras de proteção ao realizarem os serviços dentro dos reservatórios? \* (\*)

Sim  Não

17. Na sua opinião, quais as principais causas de acidentes nos espaços confinados? \* (\*\*) (\*\*\*)

Falta treinamento

Desconhecimento dos riscos

Desconhecimento Normas

Escassez recursos

Outros \_\_\_\_\_

**APÊNDICE C – Questionário de caracterização dos espaços confinados**

## Questionário de caracterização dos espaços confinados

### A. Informações gerais

OBS.: O espaço confinado deve atender aos critérios estabelecidos pela Norma Regulamentadora 33 (NR-33) que são:

- Não ser projetado para ocupação humana contínua;
- Ter meios limitados de entrada e saída;
- Ter ventilação insuficiente para remover contaminantes ou com deficiência / enriquecimento de oxigênio.

### B. Descrição do espaço confinado

1. Identificação do espaço confinado: \_\_\_\_\_

2. Qual o volume (em m<sup>3</sup>) do espaço confinado? \_\_\_\_\_

3. Condição do espaço confinado:

Ativo                       Inativo

4. O espaço confinado está destinado a:

Construção       Limpeza       Inspeção       Manutenção       Outros

5. Como encontra-se definido o espaço confinado?

Vertical               Horizontal               Cilíndrico               Outros

6. As paredes são construídas de que material?

Concreto               Alvenaria               Aço               Outros

7. Quantas entradas existem como acesso?

1               2               3               >3

8. Qual a geometria do acesso:

Redonda               Retangular               Quadrada

9. As dimensões de cada entrada são < 600 mm de diâmetro ou equivalente?

Sim               Não

10. Quais os meios de acesso?

Escadas fixas               Escadas móveis               Outros

11. As condições de acesso são tidas como:

Boa               Ruim               Muito ruim

12. Os materiais para utilização são armazenados no interior do espaço confinado?

Sim               Não

13. Dos materiais armazenados nos espaços confinados alguns são inflamáveis, explosivos ou tóxicos?

Sim               Não

14. O entorno do espaço confinado tem características físicas que impliquem em risco adicional?

Sim

Não

15. O local permite comunicação entre os trabalhadores (dentro e fora dos espaços confinados)?

Sim

Não

**APÊNDICE D – Lista de verificação no monitoramento dos espaços confinados**

### Lista de verificação no monitoramento dos espaços confinados

1. Existe o cadastro do espaço confinado?

Sim  Não

2. São elaborados procedimentos de segurança para as atividades nos espaços confinados?

Sim  Não

3. Os procedimentos são aplicados antes do início das atividades nos espaços confinados?

Sim  Não

4. Existe PGR – Programa de Gerenciamento de Riscos no estabelecimento?

Sim  Não

5. Os agentes identificados nos espaços confinados estão contemplados no Inventário de Riscos?

Sim  Não

6. Foi elaborada e aplicada a Análise Preliminar de Riscos?

Sim  Não

7. Foi emitida a Permissão de Entrada e Trabalho antes do início das atividades?

Sim  Não

8. Existe sinalização de segurança de acordo com o Anexo I da NR 33?

Sim  Não

9. Existe controle de energias perigosas mediante identificação, bloqueio e sinalização?

Sim  Não

10. Existe Plano de Resgate para espaços confinados?

Sim  Não

11. Existem riscos adicionais presentes no espaço confinado?

Sim  Não

12. São realizadas avaliações atmosféricas antes da liberação para entrada e trabalho?

Sim  Não

13. São colocados sistemas de ventilação nos espaços confinados?

Sim  Não

14. São colocados sistemas de exaustão nos espaços confinados

Sim  Não

15. Os trabalhadores são treinados de acordo com a NR 33?

Sim  Não

16. Os trabalhadores possuem aptidão para trabalhos em espaços confinados?

Sim  Não

17. Existe vigia para acompanhar as atividades realizadas nos espaços confinados?

Sim

Não

**APÊNDICE E – Cartilha Reservatório d'água em condomínios – Espaços Confinados**

RESERVATÓRIOS D'ÁGUA EM CONDOMÍNIOS

ESPAÇOS CONFINADOS



## INTRODUÇÃO

Limpezas, manutenções e reparos em reservatórios de água são uma prática frequente nos condomínios, e requerem certos cuidados. Esta cartilha foi fomentada a partir da necessidade de orientação identificada após uma pesquisa realizada em condomínios, do Recife e região metropolitana, com síndicos, encarregados de serviços gerais e administradores, frequentemente, não familiarizados com os riscos existentes nestes locais. A principal finalidade foi levar conhecimentos básicos para uma prática segura, durante a realização dos serviços. Esta cartilha contém informações essenciais sobre os riscos presentes nesses espaços confinados bem como no seu entorno.

VOCÊ SABIA QUE OS  
RESERVATÓRIOS E CAIXAS  
D'ÁGUA SÃO  
CONSIDERADOS ESPAÇOS  
CONFINADOS???

Espaços  
confinados  
são locais  
que  
possuem:

- ✓ Entradas e saídas limitadas.
- ✓ Podem ter um gás que cause asfixia, intoxicação ou explosão.
- ✓ Apresentam dificuldades para uma pessoa respirar

JÁ OUVIU FALAR  
NA NR 33???



Ela trata de todas as exigências para a realização de um trabalho seguro nesses locais. Fala principalmente dos chamados

**RISCOS  
ATMOSFÉRICOS**

E sabe por quê??? Por serem perigosos. Eles não apresentam **COR** e nem **CHERO** na maioria das vezes.



Por isso esteja atento ao contratar ou realizar qualquer serviço dentro dos reservatórios, pois

**O PERIGO PODE  
ESTAR BEM ALI**

Vamos te ajudar a tomar todas as precauções necessárias para um trabalho **SEGURO** e sem **ACIDENTES**.

## VAMOS LÁ

- Contrate empresa ou profissional já acostumados a realizar serviços em espaços confinados, mas **NÃO PARE POR AÍ**
- Exija que a empresa apresente documentos tais como treinamentos e exames médicos.
- Agora é hora de checar se existe a presença de um gás perigoso antes de iniciar o serviço.



**Utilizando um medidor chamado sensor multigás, que vai detectar a presença ou ausência de algum perigo.**

- Se o medidor não acusar alteração, então entre e trabalhe tranquilo. Porém, se apresentar, certifique-se da necessidade de adotar algumas medidas de proteção, tais como:

- 1. Ventilação do local**
- 2. Exaustão do local**
- 3. Uso de máscaras de proteção**

## E LEMBRE-SE

Somente após tomadas todas as medidas de segurança necessárias, permita que entrem e realizem os serviços de forma segura.

### **ATENÇÃO!!!**

Nunca deixe que os serviços sejam realizados por um único trabalhador. Deve permanecer sempre uma outra pessoa, fora do reservatório o tempo todo para auxiliar ou para os casos de emergência.



Além dos riscos atmosféricos que foram citados esteja também atento a outros riscos como: choque elétrico, posturas de trabalho incorretas e principalmente as **QUEDAS DE ALTURA** que estão muito presentes nestes locais. Então, desta forma, a atenção e os cuidados nunca serão demais. **ACREDITE!!!**

## E MAIS.

As estatísticas mostram que as quedas de altura são responsáveis por elevado número de acidentes graves e fatais durante o processo de construção dos edifícios. E esta não é uma preocupação apenas na construção.

Pois as quedas também são uma realidade dos condomínios, já que os reservatórios superiores estão localizados na cobertura das edificações e para acessá-los precisamos subir até este local.

É aí que mora o perigo, pois na maioria dos condomínios essas áreas de cobertura estão completamente desprotegidas...

O ideal seria dotar as áreas com riscos de quedas, dos reservatórios superiores, de guarda corpo de proteção. Ele pode salvar muitas vidas. Você deseja saber mais detalhes nesse sentido? Então dá uma olhada na NR 35 e lá encontrará muitas informações interessantes.

### SEGUEM ALGUNS CUIDADOS PARA EVITAR AS QUEDAS EM ALTURA

- Antes de subir na cobertura verifique as condições da escada de acesso. Ela deve ser de material resistente às intempéries, estar fixada na estrutura da edificação e ter corrimão de proteção.
- Se não houver guarda corpo de proteção, cercando o local, certifique-se que existem pontos para fixação do cinto de segurança.
- Mas antes de usar o cinto, certifique-se que esses pontos estão em bom estado de uso, principalmente sem oxidação.
- Utilize um cinto de segurança tipo paraquedista.

### MAS LEMBRE

- A primeira coisa a ser feita é procurar a orientação de um profissional habilitado para que seu serviço seja feito com a devida segurança.

E não esqueça:  
**A VIDA É MUITO IMPORTANTE!**

### **Diretrizes para o trabalho em espaços confinados:**

1. Realizar preliminarmente a identificação dos riscos presentes nos espaços confinados.
2. Garantir que o acesso ao espaço confinado somente ocorra após tomadas todas as medidas de segurança.
3. Informar aos trabalhadores das empresas terceirizadas ou do condomínio os riscos presentes no local.
4. Fornecer ao condomínio toda documentação pertinente ao treinamento e a aptidão do trabalhador que realizará os serviços (para as terceirizadas)
5. Providenciar os treinamentos e exames necessários ao trabalhador que realizará os serviços (para funcionários do condomínio)

6. Proibir a entrada e o trabalho em espaço confinado sem a prévia autorização.
7. Garantir que os trabalhos sejam acompanhados por representantes do condomínio, que conheçam a legislação e suas exigências mínimas.
8. Avaliar a atmosfera presente nos reservatórios antes de liberar a entrada, garantindo que o seu interior seja seguro (o percentual de oxigênio indicado é de 20,9%).
9. Permitir a entrada no espaço com percentual de oxigênio entre 19,5% e 23,0% apenas se a causa da redução ou enriquecimento for conhecida ou controlada, e proibir a entrada se for inferior a 19,5% e superior a 23%.
10. Realizar a ventilação/exaustão do local caso a medição da atmosfera apresente alteração.

1. Considerar os riscos adicionais e de entorno (tais como: quedas de altura, choque elétrico).

2. Acompanhar a saúde do trabalhador, afim de certificar-se se está apto ao serviço.

**Diretrizes para o trabalho em altura:**

1. Assegurar a realização de inspeção prévia das condições do local de trabalho e no seu entorno, analisando os riscos presentes.
2. Garantir que todo trabalho em altura seja realizado sob supervisão.
3. Permitir que apenas trabalhadores treinados realizem os trabalhos em altura.
4. Acompanhar todos os serviços ainda que realizados por empresas especializadas.

5. Avaliar, previamente, o estado de saúde dos que vão trabalhar em altura.

6. Acessar os reservatórios superiores através de escada fixada à edificação, construída de material resistente às intempéries, com gaiola de proteção e corrimão.

7. Utilizar o cinto de segurança na realização dos serviços nos reservatórios superiores.

8. Verificar se existem grampos, na cobertura do condomínio, para fixação do cinto de segurança.

9. Analisar as condições de uso dos grampos antes de iniciar as atividades.

10. Dimensionar a linha de vida para fixação do cinto de segurança.

11. Contratar profissional habilitado para o dimensionamento da linha de vida.

12. Manter-se com o cinto de segurança fixado à linha de vida durante todo o tempo de serviço.

## **AGRADECIMENTOS:**

A todos os síndicos, encarregados de serviços gerais e administradores de condomínio, que participaram desta pesquisa.

## **AUTORIA**

Cláudia Cândida de Lima Eustáquio

## **RECURSOS VISUAIS**

Cláudia Cândida de Lima Eustáquio