MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais

SEGURANÇA E PREVENÇÃO DE ACIDENTES NA CONSTRUÇÃO: UMA ABORDAGEM SISTÉMICA BASEADA NA ANÁLISE CAUSAL

Francisco de Piedade Massanga Nhito

Orientador: Professora Doutora Joana Cristina Cardoso Guedes …….... (FEUP)
Presidente do Juri: Professora Doutora Joana Alexandre Silva Duarte ……. (FEUP)

_____

2026

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt **ISN:** 3599*654

Telefone: +351 22 508 14 00

URL: http://www.fe.up.pt **Correio Electrónico:** feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação representa mais do que o término de um percurso académico. Representa a concretização de um sonho construído ao longo de muitos anos, sustentado pelo apoio, sacrifício, amor e confiança de inúmeras pessoas que caminharam comigo ao longo desta jornada. Deus sabe o quanto custou ter conseguido.

Ao meu pai, Mateus Zau Nhito, por tudo. Pela presença, pelos ensinamentos, pelo exemplo de resiliência e pelo apoio incondicional ao longo da vida. A sua influência está presente em cada conquista alcançada.

À minha eterna mãe, Albertina Massanga, a minha mais profunda gratidão. Foi quem nos ensinou que a educação tem o poder de transformar vidas e quem realizou inúmeros sacrifícios para que os seus filhos pudessem estudar e sonhar mais alto. Não existem palavras suficientes para expressar o quanto lhe devo. Esta conquista também é sua.

Ao meu irmão, Alexandre Nhito, por tantos momentos de alegria, companheirismo e amizade. A sua presença tornou o caminho mais leve e mais feliz. Afinal, a caneta continua a ser o eterno orgulho do pobre.

Aos meus irmãos, Alberto Milando Sambo Futi, Celestino Nhati e Paulo Alberto, obrigado pelo amor, dedicação e apoio constante. Deus sabe o quanto sou grato por tudo o que representam na minha vida. Afinal, o amor continua a ser uma das forças mais transformadoras da existência.

À minha senhora, Irina Macosso, grato pelo filho, parece um verdadeiro autorretrato meu e é de certeza das maiores alegrias da minha vida. Obrigado também pela capacidade de me ajudar a olhar para mim próprio com maior clareza e por estares presente nos momentos mais exigentes desta caminhada.

Ao meu filho, Nhenze Nhito, por me ter dado um novo propósito: o teu sorriso, os teus abraços e a tua existência trouxeram uma alegria indescritível à minha vida e renovam diariamente as minhas ambições. Afinal, a paternidade é uma viagem de experiências e responsabilidades sem instruções, porém enriquecedora.

Ao meu eterno amigo, Hélio Loureiro, muito obrigado pela amizade verdadeira e pela presença ao longo dos anos. Afinal, ninguém morre enquanto for lembrado. À Diana Alves e ao José Silva Almeida: é um privilégio ter-vos no meu coração. Com verdade, o meu muito obrigado.

À Professora Joana Guedes, expresso o meu sincero agradecimento pela orientação, disponibilidade, compreensão e, sobretudo, pela confiança depositada em mim ao longo deste percurso. A sua orientação foi fundamental para a concretização deste trabalho. Ao Professor João Baptista, agradeço a motivação, a coragem transmitida e o incentivo constante para continuar a crescer e por fazer parecer possível concluir a dissertação mesmo quando o tempo nos escapa.

À Ely Lopes, muito obrigado pela disponibilidade absoluta, apoio e amizade demonstrados ao longo desta caminhada.

Por fim, agradeço a Deus. Só o Senhor conhece verdadeiramente os desafios, os sacrifícios, as dúvidas e os momentos difíceis que antecederam esta conquista. Obrigado Senhor pelo Salmos 23:1.

A todos, o meu mais sincero obrigado.

DESTAQUES

1 Foram analisados 103 relatórios de acidentes fatais na construção disponibilizados pelo programa FACE/NIOSH.
2 A aplicação integrada dos 5 Porquês, da RCA e da Árvore de Causas permitiu identificar causas imediatas, contributivas e causas-raiz.
3 Os fatores organizacionais concentraram o maior número de ocorrências codificadas, com destaque para fragilidades no planeamento, supervisão, formação e gestão da segurança.
4 A avaliação exploratória da coerência causal-preventiva revelou oportunidades de melhoria no alinhamento entre as causas identificadas e as recomendações propostas.
5 Foi proposta uma matriz de aprendizagem organizacional para sistematizar causas, barreiras falhadas e medidas preventivas, cuja aplicabilidade requer validação futura.

HIGHLIGHTS

1. A total of 103 fatal construction accident reports from the FACE/NIOSH programme were analysed.
2. The integrated application of the 5 Whys, RCA, and Cause Tree methods enabled the identification of immediate, contributory, and root causes.
3. Organisational factors accounted for the highest number of coded occurrences, particularly weaknesses in planning, supervision, training, and safety management.
4. The exploratory assessment of causal-preventive coherence identified opportunities to improve the alignment between identified causes and preventive recommendations.
5. An organisational learning matrix was proposed to systematise causes, failed barriers, and preventive measures, and its applicability requires future validation.

RESUMO

Introdução: A construção civil continua a apresentar elevada sinistralidade laboral, com particular incidência de acidentes fatais. A persistência destes eventos evidencia a necessidade de aprofundar a compreensão dos mecanismos causais e de reforçar a transformação dos resultados das investigações em conhecimento preventivo e aprendizagem organizacional.

Objetivos: Esta dissertação teve como objetivo analisar acidentes fatais na construção civil através da aplicação integrada dos métodos dos 5 Porquês, *Root Cause Analysis* e Árvore de Causas, identificando causas imediatas, contributivas e causas-raiz, fatores técnicos, humanos e organizacionais, barreiras de segurança falhadas e recomendações preventivas. Pretendeu-se ainda explorar a coerência causal-preventiva e propor uma matriz de aprendizagem organizacional.

Metodologia: Adotou-se uma análise documental retrospetiva, observacional, descritiva e analítica. A amostra integrou 103 relatórios de acidentes fatais do programa FACE/NIOSH. Os dados foram recolhidos através de uma matriz estruturada, codificados qualitativamente e tratados quantitativamente de forma exploratória. Foram aplicadas estatística descritiva, análise inferencial exploratória e uma grelha de avaliação da coerência causal-preventiva.

Resultados: Verificou-se a predominância de quedas em altura e colapsos estruturais. Entre as ocorrências codificadas, os fatores organizacionais concentraram o maior número de registos, destacando-se fragilidades na gestão da segurança, planeamento, formação, supervisão e controlo operacional. As falhas das barreiras de segurança estiveram frequentemente associadas a insuficiências organizacionais. A avaliação exploratória da coerência causal-preventiva revelou concentração das recomendações em medidas de engenharia, formação e procedimentos, nem sempre claramente diferenciadas em função das causas-raiz identificadas.

Conclusões: Os resultados reforçam a perspetiva sistémica da causalidade dos acidentes, evidenciando a interação entre fatores técnicos, humanos e organizacionais. A grelha de coerência causal-preventiva revelou utilidade potencial como procedimento complementar de análise, embora não constitua um instrumento previamente validado. Foi igualmente proposta uma matriz de aprendizagem organizacional destinada a organizar causas, barreiras falhadas e medidas preventivas, cuja aplicabilidade deverá ser validada em contextos reais.

Palavras-chave: Construção civil; Acidentes fatais; Análise causal; Aprendizagem organizacional; Prevenção de acidentes.

ABSTRACT

Introduction: The construction industry continues to record high levels of occupational accidents, with a particularly significant incidence of fatal events. Their persistence highlights the need to deepen the understanding of causal mechanisms and to strengthen the transformation of investigation findings into preventive knowledge and organisational learning.

Objectives: This dissertation aimed to analyse fatal construction accidents through the integrated application of the 5 Whys, Root Cause Analysis, and Cause Tree methods, identifying immediate, contributory, and root causes, technical, human, and organisational factors, failed safety barriers, and preventive recommendations. It also sought to explore causal-preventive coherence and to propose an organisational learning matrix.

Methodology: A retrospective, observational, descriptive, and analytical documentary analysis was adopted. The sample comprised 103 fatal accident reports from the FACE/NIOSH programme. Data were collected using a structured matrix, qualitatively coded, and quantitatively processed on an exploratory basis. Descriptive statistics, exploratory inferential analysis, and a causal-preventive coherence assessment grid were applied.

Results: Falls from height and structural collapses predominated. Among the coded occurrences, organisational factors accounted for the highest number of records, particularly weaknesses in safety management, planning, training, supervision, and operational control. Safety barrier failures were frequently associated with underlying organisational deficiencies. The exploratory assessment of causal-preventive coherence showed that recommendations were concentrated on engineering measures, training, and procedures, which were not always clearly differentiated according to the identified root causes.

Conclusions: The findings reinforce the systemic perspective of accident causation, highlighting the interaction between technical, human, and organisational factors. The causal-preventive coherence grid showed potential usefulness as a complementary analytical procedure, although it does not constitute a previously validated instrument. An organisational learning matrix was also proposed to organise causes, failed barriers, and preventive measures, whose applicability should be validated in real organisational contexts.

Keywords: Construction industry; Fatal accidents; Causal analysis; Organisational learning; Accident prevention.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACT - Autoridade para as Condições do Trabalho

CDC - *Centers for Disease Control and Prevention*

FACE - *Fatality Assessment and Control Evaluation*

GEP - Gabinete de Estratégia e Planeamento

HFACS - *Human Factors Analysis and Classification System*

IBM - *International Business Machines Corporation*

ISO - *International Organization for Standardization*

NIOSH - *National Institute for Occupational Safety and Health*

OIT - Organização Internacional do Trabalho

OSHA - *Occupational Safety and Health Administration*

PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

RCA - *Root Cause Analysis*

SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences*

SST - Segurança e Saúde no Trabalho

STAMP - *Systems-Theoretic Accident Model and Processes*

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO 1

2 Fundamentação do Trabalho 5

2.1 Enquadramento do Setor da Construção Civil 5

2.2 Sinistralidade na construção civil 6

2.2.1 Padrões epidemiológicos e mecanismos de ocorrência 6

2.2.2 Determinantes organizacionais 6

2.2.3 Grupos ocupacionais vulneráveis 7

2.2.4 Síntese da evidência internacional 7

2.3 Enquadramento legal e normativo 8

2.3.1 Enquadramento europeu 8

2.3.2 Enquadramento legal português 9

2.3.3 Enquadramento normativo: ISO 45001:2018 9

2.3.4 Relevância do enquadramento legal e normativo para a investigação 9

2.4 Revisão estruturada da literatura 10

2.4.1 Objetivo e estratégia de pesquisa 11

2.4.2 Critérios de elegibilidade e processo de seleção 12

2.4.3 Caracterização e extração dos estudos incluídos 14

2.4.4 Avaliação crítica da qualidade metodológica dos estudos 15

2.4.5 Método de síntese dos resultados 17

2.4.6 Síntese crítica da literatura 18

2.5 Evolução conceptual da investigação de acidentes 21

2.5.1 Dos modelos lineares aos modelos organizacionais 21

2.5.2 Reason e as falhas latentes 21

2.5.3 Rasmussen, migração para o risco e sistemas dinâmicos 21

2.5.4 Modelos sistémicos: STAMP, AcciMap e HFACS 21

2.5.5 Causa-raiz, multicausalidade e emergência sistémica 22

2.6 Métodos estruturados de análise causal 22

2.6.1 Método dos 5 Porquês 22

2.6.2 Root Cause Analysis (RCA) 22

2.6.3 Árvore de Causas 23
2.6.4 Comparação técnica dos métodos e critérios de seleção 23
2.6.5 Fundamentação da estratégia metodológica integrada 25
2.7 Barreiras de segurança e degradação do controlo operacional 26
2.7.1 Conceito de barreiras de segurança 26
2.7.2 Degradação funcional das barreiras 26
2.7.3 Falsa perceção de segurança 27
2.8 Improvisação operacional e adaptação do trabalho real 27
2.8.1 Diferença entre trabalho prescrito e trabalho real 27
2.8.2 Normalização da improvisação 27
2.9 Limitações das abordagens tradicionais de investigação 28
2.10 Necessidade de uma abordagem sistémica integrada 28
2.11 Síntese crítica da literatura 28
2.11.1 Evolução da compreensão da causalidade dos acidentes 28
2.11.2 Análise crítica dos métodos de investigação de acidentes 29
2.11.3 Investigação de acidentes e aprendizagem organizacional 30
2.11.4 Lacunas identificadas na literatura 30
2.12 Problema de investigação 31
2.13 Objetivos da dissertação 31
2.13.1 Objetivo geral 31
2.13.2 Objetivos específicos 31
2.14 Contributo científico esperado 32
3 MATERIAIS E MÉTODOS 33
3.1 Enquadramento metodológico 33
3.2 Desenho da investigação 34
3.3 Universo e amostra 35
3.3.1 Universo 35
3.3.2 Amostra 35
3.4 Critérios de inclusão e exclusão 36
3.4.1 Critérios de inclusão 37
3.4.2 Critérios de exclusão 37

3.5 Processo de recolha e extração dos dados 38
3.6 Pipeline de tratamento e análise dos dados 41
3.6.1 Estruturação da base de dados 42
3.6.2 Limpeza e preparação dos dados 42
3.6.3 Codificação e transformação das variáveis 43
3.6.4 Análise descritiva 43
3.6.5 Análise inferencial e identificação de associações 43
3.6.6 Integração dos resultados 44
3.7 Codificação das variáveis 44
3.7.1 Estrutura de codificação 45
3.7.2 Codificação das variáveis da investigação 45
3.7.3 Codificação das causas 46
3.7.4 Codificação das recomendações preventivas 46
3.7.5 Garantia da consistência da codificação 47
3.8 Métodos de análise causal 47
3.8.1 Método dos 5 Porquês 48
3.8.2 Root Cause Analysis (RCA) 48
3.8.3 Árvore de Causas 49
3.8.4 Integração dos métodos de análise causal 50
3.8.5 Exemplificação da aplicação integrada dos métodos de análise causal 51
3.9 Análise estatística dos dados 52
3.9.1 Estatística descritiva 52
3.9.2 Estatística inferencial exploratória 53
3.9.3 Teste do Qui-Quadrado de Independência 54
3.9.4 Coeficiente V de Cramér 55
3.9.5 Associações analisadas 56
3.9.6 Integração da análise estatística com a análise causal 57
3.10 Avaliação da coerência causal-preventiva 57
3.10.1 Princípio da análise 58
3.10.2 Critérios de avaliação 58

3.10.3 Análise da cadeia causal - preventiva 60
3.10.4 Contributo para a aprendizagem organizacional 60
3.11 Construção da matriz de aprendizagem organizacional 61
3.11.1 Estrutura da matriz 61
3.11.2 Processo de construção 62
3.11.3 Finalidade da matriz 62
3.11.4 Contributo metodológico 62
3.11.5 Considerações éticas 63
4 RESULTADOS 65
4.1 Caracterização geral da amostra 65
4.1.1 Distribuição dos acidentes por categoria analítica 66
4.1.2 Distribuição dos acidentes por fase da obra 68
4.1.3 Atividade desenvolvida e agente material 68
4.1.4 Síntese da caracterização da amostra 69
4.2 Fatores contributivos dos acidentes 70
4.2.1 Fatores técnicos 71
4.2.2 Fatores humanos 72
4.2.3 Fatores organizacionais 73
4.2.4 Síntese dos fatores contributivos 75
4.3 Barreiras de segurança identificadas nos acidentes 75
4.4 Análise causal dos acidentes 78
4.4.1 Causas imediatas 79
4.4.2 Causas contributivas 80
4.4.3 Causas-raiz 82
4.4.4 Síntese da análise causal 85
4.5 Análise das associações estatísticas 86
4.5.1 Variáveis analisadas 86
4.5.2 Associação entre categoria do acidente e causas-raiz 87
4.5.3 Associação entre barreira falhada e recomendações 89
4.5.4 Associação entre causas-raiz e recomendações 90
4.5.5 Síntese da análise das associações 91

4.6 Coerência causal-preventiva 92
4.6.1 Critérios de avaliação da coerência causal-preventiva 92
4.6.2 Relação entre causas-raiz, barreiras falhadas e recomendações 93
4.6.3 Avaliação da coerência causal-preventiva 94
4.6.4 Implicações para a prevenção de acidentes 96
4.7 Aprendizagem organizacional derivada dos acidentes 96
4.7.1 Principais áreas de aprendizagem organizacional 97
4.7.2 Padrões de aprendizagem identificados 98
4.7.3 Da investigação à prevenção 98
4.7.4 Síntese da aprendizagem organizacional 99
4.8 Matriz de Aprendizagem Organizacional 99
4.8.1 Aplicação da matriz à prevenção de acidentes 108
4.8.2 Contributo da matriz para a aprendizagem organizacional 108
5 DISCUSSÃO 110
5.1 Caracterização dos acidentes fatais analisados 110
5.2 Influência dos fatores contributivos na ocorrência dos acidentes fatais 112
5.2.1 Limites da inferência sobre comportamento e cognição 113
5.3 Barreiras de segurança e falhas sistémicas 114
5.4 Causalidade dos acidentes fatais 117
5.5 Coerência causal-preventiva e aprendizagem organizacional 119
5.6 Contributo da matriz de aprendizagem organizacional para a prevenção de acidentes 122
5.6.1 Posicionamento da matriz face a abordagens existentes 123
5.6.2 Aplicabilidade e limitações da proposta 124
5.7 Interpretações alternativas e influência das decisões analíticas 125
6 Conclusões e perspetivas futuras 127
6.1 Principais conclusões da investigação 127
6.2 Contributos científicos e práticos da investigação 128
6.2.1 Condições de utilização da matriz 129
6.3 Limitações do estudo 129
6.4 Recomendações para investigação futura 131

7 Bibliografia 133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de fluxo do processo de seleção dos estudos, adaptado do PRISMA 2020 14

Figura 2 - Processo metodológico 26

Figura 3 - Etapas do desenho metodológico adotado na presente dissertação. 34

Figura 4 - Processo de seleção da amostra 37

Figura 5 - Processo de recolha, extração e organização dos dados adotado no estudo 41

Figura 6 - Pipeline metodológico da investigação..... 42

Figura 7 - Sequência metodológica da aplicação integrada dos métodos de análise causal utilizada na presente investigação. 51

Figura 8 - Lógica de análise 58

Figura 9 - Distribuição dos acidentes por categoria analítica (%)..... 67

Figura 10 - Distribuição dos acidentes por fase da obra (%)..... 68

Figura 11 - Número de acidentes segundo as categorias de fatores técnicos 71

Figura 12 - Número de acidentes segundo as categorias de fatores humanos..... 72

Figura 13 - Número de acidentes segundo as categorias de fatores organizacionais 74

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese de estudos internacionais sobre sinistralidade na construção 7

Tabela 2 - Relação entre requisitos legais e normativos e as variáveis da investigação 10

Tabela 3 - Estratégia de pesquisa da revisão estruturada da literatura 11

Tabela 4 - Apreciação metodológica global dos estudos incluídos 16

Tabela 5 - Comparação técnica dos principais métodos de investigação e análise de acidentes 23

Tabela 6 - Estrutura resumida das variáveis utilizadas na investigação 39

Tabela 7 - Aplicação integrada dos métodos de análise causal na presente investigação 51

Tabela 8 - Critérios de referência para a interpretação do coeficiente V de Cramér (adaptado de Akoglu, 2018) 55

Tabela 9 - Critérios de avaliação da coerência causal-preventiva 59

Tabela 10 - Categorias analíticas utilizadas na classificação dos acidentes 65

Tabela 11 - Abrangência e densidade de codificação dos fatores contributivos 70

Tabela 12 - Distribuição das barreiras de segurança por nível funcional (n = 103) 76

Tabela 13 - Distribuição das causas imediatas identificadas (n = 103) 79

Tabela 14 - Distribuição das causas contributivas identificadas (n = 103) 80

Tabela 15 - Distribuição das categorias de causas-raiz identificadas (n = 103) 82

Tabela 16 - Análise de sensibilidade da classificação das causas-raiz (n = 103) 84

Tabela 17 - Associação entre a categoria do acidente e os domínios das causas-raiz 88

Tabela 18 - Associações estatisticamente significativas entre barreiras de segurança e tipos de recomendação 89

Tabela 19 - Síntese da associação entre domínios das causas-raiz e tipos de recomendação 90

Tabela 20 - Critérios operacionais de classificação da coerência causal-preventiva 93

Tabela 21 - Distribuição dos níveis de coerência causal-preventiva 94

Tabela 22 - Análise de sensibilidade da coerência causal-preventiva 95

Tabela 23 - Principais áreas de aprendizagem identificadas 97

Tabela 24 - Matriz de Aprendizagem Organizacional derivada dos acidentes fatais analisados 101

1 INTRODUÇÃO

A segurança e saúde no trabalho constituem um dos principais desafios contemporâneos para a sustentabilidade das organizações e para a proteção dos trabalhadores. Apesar dos avanços tecnológicos, regulamentares e organizacionais observados nas últimas décadas, os acidentes de trabalho continuam a representar uma importante causa de mortalidade, incapacidade e perda de produtividade em todo o mundo.

De acordo com a Organização Internacional do Trabalho (OIT), estima-se que cerca de três milhões de pessoas morram anualmente em consequência de acidentes de trabalho e doenças profissionais, enquanto aproximadamente 395 milhões de trabalhadores sofrem lesões ocupacionais não fatais por ano, segundo as estimativas globais mais recentes divulgadas pela organização (ILO, 2023). Estes números evidenciam a dimensão global do problema e o seu impacto humano, social e económico. Adicionalmente, a OIT estima que ocorram pelo menos 60 000 acidentes fatais por ano em estaleiros de construção, correspondendo aproximadamente a um em cada seis acidentes de trabalho mortais registados a nível mundial (ILO, 2023).

A situação é igualmente preocupante no contexto europeu. Segundo o Eurostat, em 2023 foram registados 3 298 acidentes de trabalho mortais na União Europeia, sendo o setor da construção o que concentrou a maior proporção de fatalidades ocupacionais, representando aproximadamente 24% do total (Eurostat, 2025). Estes dados confirmam a construção civil como uma das atividades económicas de maior risco ocupacional na Europa, apesar da evolução dos requisitos regulamentares, dos sistemas de gestão da segurança e das tecnologias de prevenção disponíveis.

Em Portugal, segundo o Gabinete de Estratégia e Planeamento (GEP), em 2023 ocorreram 184 607 acidentes de trabalho, dos quais resultaram 136 vítimas mortais. O setor da construção apresentou a maior taxa de sinistralidade mortal, concentrando aproximadamente 30,1% das mortes relacionadas com acidentes de trabalho registadas nesse ano (GEP, 2024). Estes indicadores demonstram que a construção continua a ser um dos setores prioritários para a prevenção de acidentes graves e fatais.

Para além da sua relevância em termos de segurança e saúde ocupacional, a construção civil desempenha um papel estratégico no desenvolvimento económico e social das sociedades contemporâneas. O setor é responsável pela criação e manutenção de infraestruturas essenciais, incluindo habitação, transportes, energia, abastecimento de água e equipamentos públicos. Simultaneamente, constitui uma importante fonte de emprego e de investimento, envolvendo cadeias de valor complexas e uma elevada diversidade de intervenientes. Contudo, a natureza dinâmica, temporária e frequentemente fragmentada dos estaleiros de construção cria desafios significativos para a gestão da segurança, o que contribui para a persistência de elevados níveis de exposição ao risco.

Apesar dos progressos observados em matéria de regulamentação, normalização e implementação de sistemas de gestão da segurança, a persistência de acidentes graves e fatais demonstra que muitos dos riscos presentes na construção civil continuam insuficientemente controlados. Esta realidade sugere que a simples existência de requisitos legais, procedimentos ou medidas técnicas de proteção não é suficiente para garantir níveis adequados de segurança, tornando necessária uma compreensão mais aprofundada dos fatores que contribuem para a ocorrência destes eventos.

A literatura científica tem demonstrado que os acidentes ocupacionais graves raramente resultam de uma única causa isolada. Pelo contrário, tendem a emergir da interação complexa entre fatores técnicos, humanos, organizacionais e ambientais. Esta evolução conceptual conduziu à progressiva substituição dos modelos lineares de causalidade por abordagens sistémicas que procuram compreender os acidentes como fenómenos emergentes de sistemas sociotécnicos complexos (Reason, 1997; Rasmussen, 1997; Leveson, 2004).

Neste contexto, a investigação de acidentes assume uma importância que ultrapassa a simples determinação das circunstâncias que conduziram à ocorrência de um evento. A análise sistemática dos acidentes permite identificar padrões recorrentes de falha, compreender as interações entre fatores técnicos, humanos e organizacionais e transformar experiências negativas em oportunidades de aprendizagem. Consequentemente, os acidentes podem constituir importantes fontes de conhecimento para o desenvolvimento de sistemas de gestão mais eficazes, para o reforço das barreiras de segurança e para a melhoria contínua do desempenho organizacional em matéria de segurança e saúde no trabalho.

A aprendizagem organizacional emerge, assim, como um dos principais resultados esperados da investigação de acidentes. Para além da identificação das circunstâncias imediatas, a investigação deve permitir compreender por que falharam as barreiras de segurança, quais as fragilidades organizacionais subjacentes e de que forma o conhecimento produzido pode ser utilizado para prevenir ocorrências semelhantes no futuro. Contudo, diversos estudos sugerem que muitas organizações continuam a enfrentar dificuldades para transformar as conclusões das investigações em melhorias efetivas. Em numerosos casos, as recomendações propostas tendem a concentrar-se em medidas corretivas de curto prazo, que nem sempre atuam diretamente sobre as causas organizacionais profundas.

Face a esta realidade, torna-se relevante aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos causais associados aos acidentes fatais na construção civil, identificando padrões recorrentes, falhas nas barreiras de segurança e oportunidades de melhoria preventiva. A análise sistemática de acidentes reais constitui uma importante fonte de aprendizagem, permitindo extrair conhecimento aplicável ao reforço dos sistemas de gestão da segurança e à prevenção de futuras ocorrências.

A presente dissertação procura contribuir para este objetivo através da análise de 103 relatórios de acidentes fatais ocorridos na construção civil e disponibilizados pelo programa Fatality Assessment and Control Evaluation (FACE), desenvolvido pelo National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). A investigação adota uma abordagem sistémica baseada na aplicação integrada dos métodos dos 5 Porquês, Root Cause Analysis (RCA) e Árvore de Causas, complementada por técnicas de análise estatística, avaliação da coerência causal-preventiva e desenvolvimento de uma matriz de aprendizagem organizacional.

A revisão estruturada da literatura, constituída por 100 estudos publicados entre 2015 e 2025, evidencia que a investigação sobre segurança na construção tem produzido conhecimento relevante sobre a caracterização dos acidentes, os fatores causais e as medidas preventivas. Dos estudos analisados, 79 identificaram causas, fatores contributivos, mecanismos de ocorrência ou precursores, 65 abordaram barreiras de segurança, medidas de controlo ou processos preventivos e 73 apresentaram recomendações ou estratégias de prevenção. Contudo, apenas 20 estudos exploraram explicitamente processos de

aprendizagem organizacional, transferência de conhecimento ou utilização sistemática de *near misses*. Adicionalmente, apenas três estudos estabeleceram de forma explícita uma ligação estruturada entre as causas ou falhas identificadas e as recomendações preventivas formuladas.

Estes resultados demonstram que, embora a literatura apresente uma cobertura significativa da causalidade dos acidentes e das medidas preventivas, permanece limitada a integração entre a identificação das causas, a análise das barreiras de segurança, a formulação de recomendações diretamente alinhadas com as fragilidades identificadas e a transformação dos resultados das investigações em aprendizagem organizacional estruturada. Não foi igualmente identificada a aplicação de um procedimento formal e sistemático destinado a avaliar a coerência entre as causas dos acidentes e as recomendações preventivas. Esta lacuna fundamenta a necessidade de uma abordagem que articule a análise causal, a degradação das barreiras, a coerência causal-preventiva e a sistematização das aprendizagens resultantes dos acidentes fatais.

Neste contexto, o problema de investigação centra-se na limitada transformação dos relatórios de acidentes fatais em conhecimento preventivo estruturado. Embora estes documentos contenham informação sobre os acontecimentos, as causas e as medidas propostas, nem sempre permitem verificar se as recomendações atuam efetivamente sobre as condições que contribuíram para o acidente ou se as aprendizagens resultantes são sistematizadas e transferidas para outros contextos organizacionais.

A questão de investigação que orienta a presente dissertação é a seguinte:

De que forma a análise estruturada de relatórios de acidentes fatais na construção civil pode contribuir para a identificação de padrões causais e de degradação das barreiras de segurança, para a avaliação da coerência entre as causas identificadas e as recomendações preventivas e para a sistematização de aprendizagens organizacionais aplicáveis à prevenção de acidentes futuros?

O objetivo geral da presente investigação consiste em analisar 103 relatórios de acidentes fatais ocorridos no setor da construção civil, mediante a aplicação integrada dos métodos dos 5 Porquês, Root Cause Analysis e Árvore de Causas, com vista à caracterização dos acidentes, à identificação das causas imediatas, contributivas e operacionalmente definidas como causas-raiz, à análise das barreiras de segurança, à avaliação da coerência entre as causas identificadas e as recomendações preventivas e à construção de uma matriz de aprendizagem organizacional.

Espera-se que a presente investigação contribua para uma compreensão mais estruturada dos acidentes fatais na construção civil, ultrapassando uma leitura limitada aos acontecimentos imediatamente anteriores à lesão. A integração da análise causal, das barreiras de segurança e da coerência causal-preventiva poderá apoiar a identificação de fragilidades técnicas, humanas e organizacionais que nem sempre são suficientemente consideradas nas recomendações.

A matriz de aprendizagem organizacional desenvolvida poderá ainda constituir um instrumento de apoio à sistematização dos conhecimentos resultantes dos acidentes, permitindo organizar causas, barreiras degradadas e medidas preventivas por categorias comparáveis. A sua utilização futura dependerá, contudo, de validação e adaptação aos contextos organizacionais em que venha a ser aplicada.

2 FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO

2.1 Enquadramento do Setor da Construção Civil

A construção civil é reconhecida como um dos setores de atividade económica com maior exposição a riscos profissionais, apresentando níveis elevados de acidentes graves e fatais em diferentes contextos geográficos e organizacionais (Dong et al., 2012; Konda et al., 2016; Arquillos et al., 2012). Esta realidade decorre da natureza dinâmica dos estaleiros, da variabilidade das tarefas, da utilização intensiva de equipamentos, da coexistência de múltiplos intervenientes e da execução simultânea de atividades críticas.

Ao contrário dos ambientes industriais mais estáveis, os estaleiros de construção encontram-se em permanente transformação. As condições de trabalho alteram-se ao longo da obra em função da evolução física, da entrada e da saída de equipas, da movimentação de materiais e equipamentos e da montagem ou remoção de estruturas temporárias. Esta instabilidade operacional contribui para que os riscos assumam um caráter dinâmico e, por vezes, difícil de antecipar (Rasmussen, 1997).

Neste contexto, a construção civil pode ser compreendida civil como um sistema sociotécnico complexo, no qual interagem trabalhadores, equipamentos, materiais, estruturas temporárias, organizações, regras formais e decisões de gestão (Reason, 1997; Leveson, 2004). Nesta perspetiva, os acidentes não resultam apenas de atos inseguros isolados, mas também da interação entre fatores técnicos, humanos, organizacionais e contextuais.

Esta leitura é particularmente relevante para acidentes graves e fatais, uma vez que muitos destes eventos envolvem a degradação progressiva das barreiras de segurança, falhas de coordenação, limitações na supervisão e adaptações operacionais ao trabalho real. Assim, compreender os acidentes na construção exige uma abordagem que ultrapasse a causa imediata e permita identificar condições latentes e vulnerabilidades sistémicas.

A complexidade do setor é ainda acentuada pela ocorrência frequente de estados transitórios de trabalho, nomeadamente durante a montagem, desmontagem, betonagem, escoramento, demolição, movimentação de cargas, reposicionamento de equipamentos e execução de trabalhos temporários. Nestes momentos, o sistema ainda não atingiu a sua condição final de estabilidade ou perdeu temporariamente parte da estabilidade inicial.

Muitos acidentes graves e fatais ocorrem precisamente durante estes estados transitórios, quando a segurança depende de estruturas provisórias, suportes temporários, sistemas de ancoragem, escoramentos, plataformas ou procedimentos temporários de controlo (Chi et al., 2005; Ismail & Ghani, 2012). Esta realidade reforça a necessidade de analisar os acidentes não apenas como eventos finais, mas também como resultado de processos progressivos de degradação do controlo operacional.

2.2 Sinistralidade na construção civil

2.2.1 Padrões epidemiológicos e mecanismos de ocorrência

A construção civil continua a apresentar níveis elevados de acidentes de trabalho graves e fatais em diferentes contextos geográficos, apesar da evolução legislativa, tecnológica e organizacional registada nas últimas décadas (Dong et al., 2012; Newaz et al., 2025; Zhou et al., 2015; Ma et al., 2021).

Os principais mecanismos de ocorrência incluem quedas em altura, atingimento por objetos ou equipamentos (*struck-by*), esmagamentos, eletrocussões, soterramentos e colapsos estruturais (Dong et al., 2012; Beavers et al., 2006; Chi et al., 2005). As quedas apresentam particular relevância em trabalhos realizados em coberturas, andaimes, escadas, plataformas elevatórias, claraboias e bordos desprotegidos.

Os acidentes envolvendo equipamentos móveis, cargas suspensas, gruas, escavadoras e estruturas temporárias também apresentam elevada gravidade, sobretudo quando coexistem falhas de segregação, ausência de zonas de exclusão, perda de estabilidade ou falha de componentes críticos.

Estudos realizados em diferentes países confirmam a recorrência destes mecanismos. Na China e em Taiwan, foram identificadas frequências relevantes de quedas e eletrocussões; nos Estados Unidos e na Coreia do Sul, as quedas e o atingimento por objetos ou equipamentos encontram-se igualmente entre os mecanismos predominantes. Resultados semelhantes foram observados em estudos realizados na Etiópia, no Chile e no Gana.

2.2.2 Determinantes organizacionais

Para além dos fatores técnicos e operacionais, a literatura identifica fatores organizacionais recorrentes associados aos acidentes graves e fatais, designadamente planeamento insuficiente, falhas de supervisão, comunicação deficiente, pressão temporal, fragmentação de responsabilidades, subcontratação intensiva e insuficiente competência técnica para tarefas críticas (Zhou et al., 2015; Ma et al., 2021; Rigney & Evans, 2025).

Estes fatores contribuem para a degradação do controlo operacional, para a insuficiente aplicação das medidas preventivas e para a normalização de práticas inseguras. Assim, a sinistralidade na construção deve ser compreendida como um fenómeno multifatorial, no qual os mecanismos imediatos se articulam com condições organizacionais e contextuais mais profundas.

A persistência dos acidentes demonstra também que a existência formal de normas, procedimentos e sistemas de gestão não garante, por si só, uma prevenção eficaz. As medidas podem estar previstas, mas encontrar-se ausentes, degradadas, inadequadamente aplicadas ou insuficientemente verificadas.

2.2.3 Grupos ocupacionais vulneráveis

A literatura identifica grupos particularmente vulneráveis, nomeadamente trabalhadores migrantes, temporários e envelhecidos. A maior exposição destes trabalhadores pode estar relacionada com precariedade laboral, barreiras linguísticas, insuficiente formação, menor experiência no local de trabalho e reduzida capacidade de participação nas decisões preventivas (Ahonen et al., 2007; Moyce & Schenker, 2018).

Contudo, a vulnerabilidade não deve ser atribuída exclusivamente às características individuais. Deve ser analisada em articulação com as condições de contratação, integração, supervisão, comunicação e proteção asseguradas pelas organizações.

2.2.4 Síntese da evidência internacional

A Tabela 1 sintetiza estudos realizados em diferentes contextos, evidenciando a diversidade dos mecanismos, populações e métodos de análise.

Tabela 1 - Síntese de estudos internacionais sobre sinistralidade na construção

País/estudo	População analisada	Desenho do estudo	Principais resultados	Limitações principais
Taiwan **Chi et al. (2005)**	Acidentes fatais por queda na construção	Análise retrospetiva de registos de acidentes	Identificação de padrões de queda e de medidas preventivas relacionadas com plataformas, estruturas e proteção contra quedas	Centrado apenas em acidentes fatais por queda e num contexto nacional específico
Taiwan **Chi et al. (2009)**	255 acidentes fatais por eletrocussão na construção	Análise retrospetiva e classificação de cenários	Identificação de padrões relacionados com contacto com linhas elétricas, equipamentos energizados, distâncias de segurança e proteção elétrica	Estudo limitado às eletrocussões e dependente da informação existente nos registos
Etiópia **Tadesse e Israel (2016)**	Trabalhadores da construção em Addis Abeba	Estudo transversal	Associação das lesões com fatores individuais, laborais e organizacionais, incluindo formação, experiência e condições de trabalho	Informação autorreportada e impossibilidade de estabelecer relações causais

País/estudo	População analisada	Desenho do estudo	Principais resultados	Limitações principais
Internacional **Moyce e Schenker (2018)**	Trabalhadores migrantes de diferentes setores, incluindo a construção	Revisão da literatura	Os trabalhadores migrantes apresentam maior exposição a condições laborais adversas, acidentes e proteção insuficiente	Heterogeneidade dos países, populações, setores e métodos incluídos
Gana **Yankson et al. (2023)**	353 trabalhadores da construção rodoviária	Estudo transversal por questionário	Elevada ocorrência autorreportada de lesões, associada sobretudo a quedas, utilização de ferramentas e esforço físico	Estudo localizado, transversal e dependente da memória dos participantes

Os estudos evidenciam que a sinistralidade resulta da combinação entre mecanismos físicos, condições de execução, fatores organizacionais e vulnerabilidades laborais. Contudo, as diferenças entre países, populações, fontes de informação e métodos limitam a comparação direta dos resultados e a sua generalização para todo o setor.

Os elementos metodológicos dos estudos incluídos na tabela foram confirmados nas respetivas publicações.

2.3 Enquadramento legal e normativo

2.3.1 Enquadramento europeu

No contexto europeu, a Diretiva 89/391/CEE estabelece os princípios gerais de prevenção em matéria de segurança e saúde no trabalho. Esta diretiva impõe ao empregador a obrigação de assegurar a segurança e a saúde dos trabalhadores em todos os aspetos relacionados com o trabalho, através da avaliação de riscos, da implementação de medidas preventivas, da informação, da formação e da consulta dos trabalhadores.

No setor da construção, assume especial relevância a Diretiva 92/57/CEE, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde nos estaleiros temporários ou móveis. Esta diretiva reconhece a especificidade da construção civil, nomeadamente a coexistência de várias entidades no mesmo local de trabalho, a natureza temporária dos estaleiros e a necessidade de coordenação da segurança desde a fase de projeto até à execução.

2.3.2 Enquadramento legal português

Em Portugal, a Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, estabelece o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, definindo os princípios gerais de prevenção, as obrigações do empregador e dos trabalhadores, bem como a organização dos serviços de saúde e segurança no trabalho (SST).

No âmbito específico da construção civil, o Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de outubro, regula as condições de segurança e saúde nos estaleiros temporários ou móveis, estabelecendo requisitos relativos ao plano de segurança e saúde, à comunicação prévia, à coordenação de segurança em projeto e obra e à definição de responsabilidades entre os intervenientes.

O Decreto-Lei n.º 50/2005, de 25 de fevereiro, estabelece as prescrições mínimas de segurança e saúde para a utilização de equipamentos de trabalho, sendo particularmente relevante para acidentes associados a máquinas, equipamentos móveis, plataformas, gruas, escavadoras e outros meios mecânicos utilizados em obra.

2.3.3 Enquadramento normativo: ISO 45001:2018

A ISO 45001:2018 estabelece requisitos para sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho, promovendo uma abordagem baseada no ciclo de melhoria contínua, na liderança, na participação dos trabalhadores, na identificação de perigos, na avaliação de riscos e no controlo operacional.

A norma atribui particular importância à investigação de incidentes e não conformidades, exigindo que as organizações determinem as causas, implementem ações corretivas, avaliem a eficácia das medidas adotadas e integrem as aprendizagens no sistema de gestão. Assim, a investigação de acidentes não deve ser entendida apenas como uma resposta reativa, mas também como um mecanismo de aprendizagem organizacional e de reforço do planeamento preventivo.

2.3.4 Relevância do enquadramento legal e normativo para a investigação

Apesar da existência de um quadro legal e normativo robusto, a persistência de acidentes graves e fatais na construção demonstra que a conformidade formal não garante, por si só, a eficácia preventiva. A prevenção depende da aplicação efetiva dos requisitos ao planeamento, à coordenação, à avaliação de riscos e ao controlo das condições reais de execução.

A Diretiva 89/391/CEE e a Lei n.º 102/2009 estabelecem princípios gerais relacionados com a avaliação de riscos, a formação, a informação, a consulta dos trabalhadores e a implementação de medidas preventivas. Estes requisitos relacionam-se, na presente investigação, com as categorias de planeamento preventivo, formação, supervisão, comunicação e gestão da segurança.

A Diretiva 92/57/CEE e o Decreto-Lei n.º 273/2003 assumem particular relevância para a coordenação entre intervenientes, para o planeamento dos estaleiros e para o controlo de trabalhos críticos. Estes requisitos articulam-se com as variáveis associadas à fragmentação de responsabilidades, coordenação de atividades, estabilidade de estruturas temporárias, trabalhos em altura e controlo das condições de execução.

O Decreto-Lei n.º 50/2005 relaciona-se diretamente com os acidentes que envolvem máquinas, equipamentos móveis, plataformas elevatórias, gruas e outros equipamentos de trabalho. Na análise desenvolvida, estes requisitos correspondem a categorias como adequação dos equipamentos, inspeção, manutenção, estabilidade, dispositivos de segurança, segregação de zonas perigosas e controlo de energias.

Por sua vez, a ISO 45001:2018 reforça a identificação de perigos, a avaliação de riscos, o controlo operacional, a investigação de incidentes e a avaliação da eficácia das ações corretivas. Estes elementos encontram correspondência na análise das causas, barreiras de segurança, recomendações preventivas e aprendizagem organizacional.

A relação entre o enquadramento legal e as variáveis analisadas pode ser sintetizada na Tabela 2.

Tabela 2 - Relação entre requisitos legais e normativos e as variáveis da investigação

Diploma ou referencial	Requisitos relevantes	Variáveis e categorias relacionadas
Diretiva 89/391/CEE e Lei n.º 102/2009	Avaliação de riscos, prevenção, formação, informação e participação	Planeamento, formação, comunicação, supervisão e gestão da segurança
Diretiva 92/57/CEE e Decreto-Lei n.º 273/2003	Coordenação, plano de segurança, responsabilidades e controlo dos estaleiros	Coordenação, trabalhos em altura, escoramentos, estruturas temporárias e condições de execução
Decreto-Lei n.º 50/2005	Segurança na utilização de equipamentos de trabalho	Adequação, inspeção, manutenção, estabilidade, dispositivos de segurança e segregação
ISO 45001:2018	Identificação de perigos, controlo operacional, investigação e melhoria	Causas, barreiras, recomendações, indicadores e aprendizagem organizacional

Deste modo, o enquadramento legal e normativo não constitui apenas uma descrição contextual. Funciona também como referência para interpretar as falhas identificadas nos relatórios, nomeadamente insuficiências na avaliação de riscos, ausência ou degradação de barreiras, falhas de coordenação, utilização inadequada de equipamentos e fragilidades no controlo de trabalhos críticos.

2.4 Revisão estruturada da literatura

A presente secção descreve o processo de identificação, seleção, caracterização e síntese da literatura utilizada para fundamentar a investigação. A revisão foi organizada de forma estruturada e orientada pelos princípios de transparência e rastreabilidade do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* 2020 (PRISMA Statement[1]), sem ser apresentada como uma revisão sistemática completa.

[1] http://www.prisma-statement.org/ (acedido em 10/07/2025)

A utilização do PRISMA 2020 teve como finalidade apoiar a descrição do processo de seleção dos estudos. A revisão não incluiu o registo prévio de um protocolo, a seleção independente por dois revisores ou uma avaliação formal do risco de viés através de um instrumento único e padronizado.

2.4.1 Objetivo e estratégia de pesquisa

A revisão da literatura teve como objetivo identificar e sintetizar estudos sobre acidentes graves e fatais na construção civil, com particular atenção aos mecanismos de ocorrência, fatores contributivos, causas organizacionais, falhas de barreiras de segurança, métodos de investigação e processos de aprendizagem organizacional.

A pesquisa bibliográfica foi realizada entre setembro e outubro de 2025, recorrendo exclusivamente à base de dados científica Scopus. Foram considerados artigos publicados em revistas científicas, redigidos em língua inglesa e publicados entre 2015 e 2025.

A estratégia de pesquisa baseou-se na utilização de descritores relacionados com acidentes ocupacionais na construção civil, combinados através dos operadores booleanos “AND” e “OR”. As principais expressões utilizadas foram:

- "construction accidents" AND fatal AND "root cause analysis";
- "falls from height" AND construction AND "accident investigation";
- "occupational accidents" AND "accident analysis" AND "construction industry"

A pesquisa foi aplicada aos campos título, resumo e palavras-chave. Foram utilizados filtros relativos ao período de publicação, à língua inglesa e ao tipo de documento, tendo sido considerados apenas artigos científicos**.**

A pesquisa realizada na Scopus permitiu identificar 739 registos, aos quais foram adicionados dois artigos obtidos através de pesquisa manual, perfazendo um total de 741 registos identificados.

A estratégia de pesquisa encontra-se sintetizada na Tabela 3.

Tabela 3 - Estratégia de pesquisa da revisão estruturada da literatura

Fonte	**Período da pesquisa**	**Campos pesquisados**	**Filtros aplicados**	**Registos identificados**
Scopus	Setembro–outubro de 2025	Título, resumo e palavras-chave	2015–2025; língua inglesa; artigos científicos	739
Pesquisa manual	Setembro–outubro de 2025	Referências bibliográficas e pesquisa dirigida	Relevância para os objetivos da revisão	2
Total	—	—	—	**741**

2.4.2 Critérios de elegibilidade e processo de seleção

Foram incluídos artigos científicos publicados entre 2015 e 2025, redigidos em língua inglesa e relacionados com acidentes de trabalho graves ou fatais no setor da construção civil.

Foram considerados estudos epidemiológicos, análises documentais, estudos de caso, revisões e investigações centradas nos mecanismos de ocorrência, fatores contributivos, causas, barreiras de segurança, métodos de investigação ou aprendizagem organizacional.

Para além destes critérios gerais, foram incluídos os estudos que apresentassem pelo menos uma das seguintes características:

- análise de acidentes, lesões graves ou fatalidades no setor da construção;
- estudo de quedas, colapsos, equipamentos, agentes materiais ou grupos de trabalhadores vulneráveis associados à construção;
- identificação de causas, fatores contributivos, precursores ou falhas nas barreiras de segurança;
- análise ou aplicação de métodos de investigação de acidentes;
- avaliação de medidas preventivas, processos de planeamento, supervisão ou gestão da segurança na construção;
- estudo da aprendizagem organizacional, da transferência de conhecimento ou da qualidade das recomendações preventivas;
- aplicação de modelos provenientes de outros setores, desde que apresentassem relevância metodológica direta para a análise sistémica e preventiva dos acidentes na construção.

Foram excluídos:

- documentos que não correspondiam a artigos científicos;
- estudos publicados fora do período definido;
- publicações não redigidas em língua inglesa;
- trabalhos sem relação direta com acidentes de trabalho na construção civil;
- estudos sem informação relevante para os objetivos da revisão.

Foram igualmente excluídos os estudos que não apresentassem uma relação empírica ou metodológica suficientemente clara com os acidentes ocupacionais, a prevenção, as barreiras de segurança, a investigação de acidentes, a aprendizagem organizacional ou a gestão da segurança no setor da construção. Foram ainda excluídos os estudos centrados em setores ou fenómenos distintos, quando não fosse demonstrável a sua aplicabilidade direta aos objetivos da revisão.

Na fase de identificação, foram obtidos 739 registos na Scopus e dois artigos através de pesquisa manual, totalizando 741 registos.

Antes do início da triagem, foram removidos 450 registos com base nos critérios prévios de elegibilidade, distribuídos da seguinte forma:

- 354 registos por não se enquadrarem no período de publicação definido;
- 72 registos por não corresponderem ao tipo de documento selecionado;

- 24 registos por não estarem redigidos em língua inglesa.

Os dez registos duplicados foram removidos separadamente e não estavam incluídos nos 450 registos anteriormente referidos. Após estas exclusões, permaneceram 281 registos para triagem por título e resumo:

$741 - 450 - 10 = 281$.

Durante a triagem dos 281 títulos e resumos, foram excluídos 150 registos por não apresentarem relação suficiente com o setor da construção, com acidentes de trabalho ou com os objetivos da revisão. Permaneceram 131 artigos para tentativa de recuperação do texto integral.

Dos 131 artigos selecionados, 15 não foram recuperados devido à indisponibilidade do texto integral. Consequentemente, 116 artigos foram avaliados quanto à elegibilidade através da leitura integral.

Após a avaliação do texto integral, foram excluídos 16 artigos por uma ou mais das seguintes razões:

- ausência de enfoque em acidentes graves ou fatais;
- inadequação ao setor da construção civil;
- informação insuficiente para a análise crítica;
- ausência de relação direta com os objetivos da revisão.

No final do processo, foram incluídos 100 artigos científicos na síntese da literatura:

$116 - 16 = 100$.

O processo de identificação, triagem, recuperação, elegibilidade e inclusão dos estudos encontra-se representado na Figura 1.

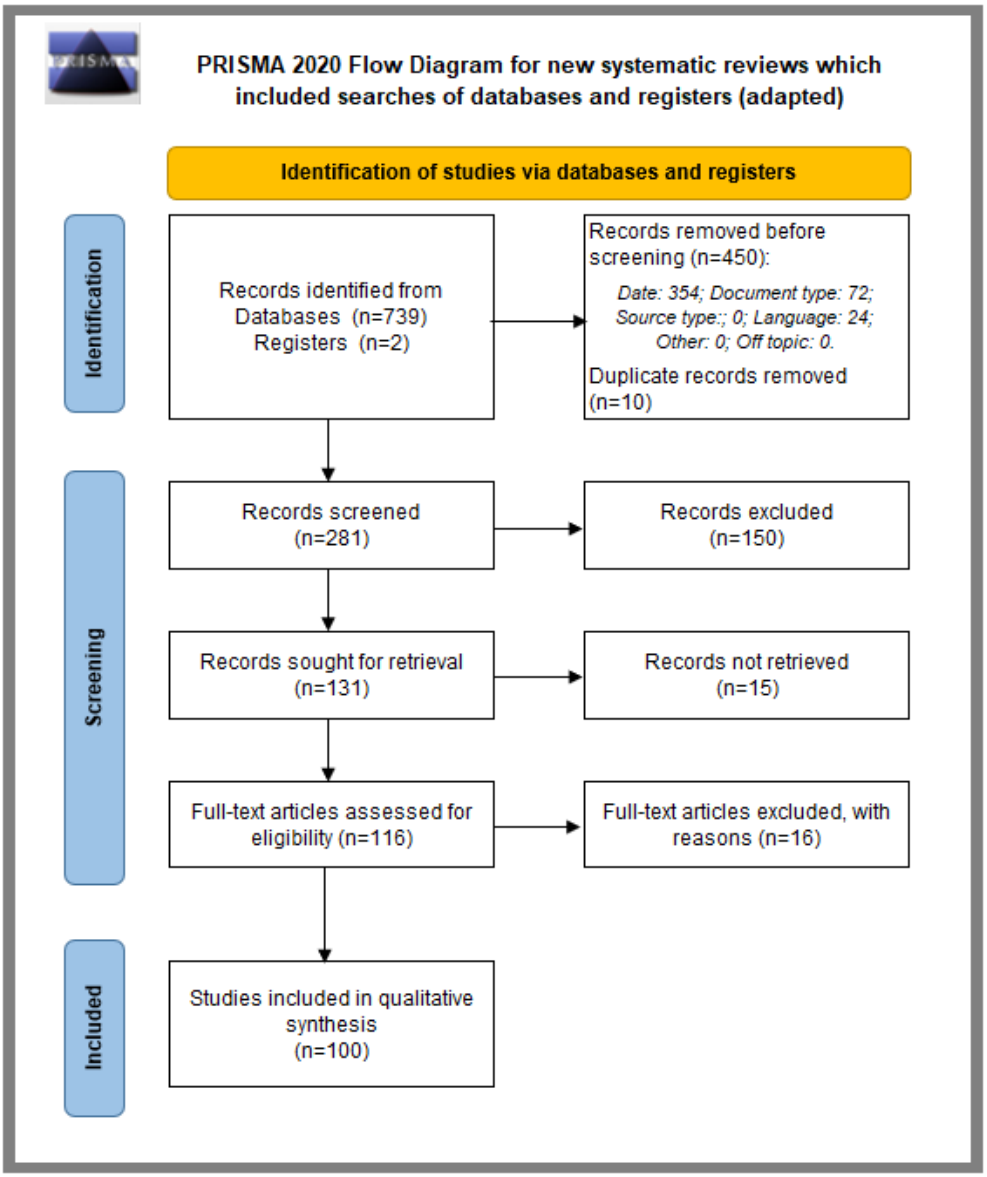


Figura 1 - Diagrama de fluxo do processo de seleção dos estudos, adaptado do PRISMA 2020

2.4.3 Caracterização e extração dos estudos incluídos

Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, foram incluídos 100 estudos na revisão estruturada da literatura. Para assegurar a organização, a rastreabilidade e a comparabilidade da informação, os dados foram registados numa matriz de extração previamente estruturada.

Para cada estudo, foram recolhidos os seguintes elementos:

- autor e ano de publicação;
- título do artigo;
- país ou região em que o estudo foi desenvolvido;
- objetivo ou questão de investigação;
- desenho e método do estudo;

- população, amostra ou fonte de dados;
- principais resultados;
- limitações identificadas pelos autores;
- potenciais fontes de viés;
- relevância para a presente investigação.

A extração permitiu organizar estudos com diferentes desenhos metodológicos, incluindo análises retrospetivas de acidentes, estudos transversais, revisões da literatura, estudos de caso, análises estatísticas e aplicações de modelos de investigação e análise causal.

A síntese considerou não apenas os resultados apresentados pelos estudos, mas também as respetivas características metodológicas, limitações e condições de aplicabilidade. Contudo, esta apreciação não correspondeu a uma avaliação formal do risco de viés através de um instrumento padronizado, aspeto que deve ser reconhecido como limitação da revisão.

Devido à extensão da informação relativa aos 100 artigos, a caracterização individual dos estudos é apresentada no Apêndice C, Tabelas C.1 e C.2. A tabela completa inclui o autor e ano, país, objetivo, população ou fonte de dados, método, principais resultados, limitações, potenciais vieses e relevância para a investigação.

A literatura analisada evidencia que os acidentes graves e fatais na construção civil são frequentemente estudados a partir de abordagens estatísticas, epidemiológicas e causais. As quedas em altura surgem como o mecanismo mais recorrente, seguidas de esmagamentos, atropelamentos, eletrocussões, soterramentos e colapsos estruturais.

Os estudos analisados apontam igualmente para a importância dos fatores organizacionais, nomeadamente falhas de planeamento, supervisão insuficiente, comunicação deficiente, pressão produtiva, subcontratação e fragilidade das barreiras de segurança (Zhou et al., 2015).

2.4.4 Avaliação crítica da qualidade metodológica dos estudos

Foi realizada uma apreciação crítica qualitativa da qualidade metodológica dos estudos incluídos, com o objetivo de identificar os seus principais pontos fortes e limitações e apoiar uma interpretação prudente dos resultados. Esta apreciação não correspondeu à aplicação de uma ferramenta padronizada de avaliação do risco de viés, devido à heterogeneidade dos desenhos metodológicos presentes na revisão.

A avaliação considerou os seguintes critérios:

- clareza do objetivo da investigação;
- adequação do desenho metodológico ao objetivo proposto;
- caracterização da população, amostra ou fonte de dados;
- adequação dos procedimentos de recolha e análise;
- consideração de variáveis de confundimento, quando aplicável;
- coerência entre os resultados e as conclusões;
- identificação das limitações e dos potenciais vieses.

Cada critério foi classificado como “Sim”, “Não”, “Incerto” ou “Não aplicável”. Não foi calculada uma pontuação numérica agregada, uma vez que a atribuição de uma pontuação comum a estudos epidemiológicos, documentais, qualitativos, experimentais, conceptuais e de modelação poderia produzir comparações metodologicamente inadequadas.

Com base na apreciação conjunta dos critérios, os estudos foram classificados qualitativamente como apresentando qualidade metodológica elevada, moderada ou baixa. A Tabela 4 apresenta a apreciação metodológica global dos estudos incluídos.

Tabela 4 - Apreciação metodológica global dos estudos incluídos

Apreciação metodológica	**n**	**%**
Elevada	47	47,0
Moderada	48	48,0
Baixa	5	5,0
Total	**100**	**100,0**

A maioria dos estudos apresentou objetivos claramente definidos e métodos coerentes com as questões formuladas. Os estudos classificados com qualidade elevada caracterizaram-se, geralmente, pela utilização de fontes de dados claramente descritas, amostras de dimensão adequada, métodos analíticos transparentes e reconhecimento explícito das limitações.

Os estudos classificados com qualidade moderada forneceram informação relevante, mas apresentaram limitações relacionadas com a representatividade das amostras, a ausência de dados sobre determinadas variáveis, o caráter retrospetivo das análises, a utilização de dados autorreportados ou a reduzida possibilidade de generalização dos resultados.

Entre as limitações mais frequentes identificadas nos estudos observacionais e documentais destacaram-se a subnotificação de acidentes, a existência de dados incompletos, as diferenças entre sistemas de classificação, a ausência de informação sobre exposição e a impossibilidade de estabelecer relações causais a partir de dados retrospetivos. A dependência de registos administrativos pode ainda favorecer a inclusão dos casos mais graves ou formalmente comunicados, omitindo acidentes ocorridos em contextos informais ou precários.

Nos estudos baseados em questionários, entrevistas ou grupos focais, os principais riscos estiveram associados à reduzida dimensão das amostras, à seleção dos participantes, ao viés de memória e à influência da desejabilidade social nas respostas. Apesar destas limitações, estes estudos permitiram identificar fatores organizacionais, perceções dos trabalhadores e dificuldades de implementação que nem sempre se encontram registados nas bases de dados quantitativas.

Nos estudos de modelação e aprendizagem automática, foram identificadas limitações relacionadas com o desequilíbrio entre categorias, o risco de sobreajustamento, a dependência da qualidade dos dados de treino e a ausência de validação externa em contextos distintos. Consequentemente, o desempenho preditivo apresentado por estes modelos não deve ser interpretado automaticamente como demonstração da sua eficácia em condições reais de trabalho.

As revisões da literatura apresentaram diferenças quanto ao número de bases de dados consultadas, aos critérios de seleção e à avaliação da qualidade dos estudos primários. A restrição ao idioma inglês e a possível ausência de literatura cinzenta constituíram limitações recorrentes, podendo contribuir para vieses de publicação e de seleção.

Os estudos com apreciação metodológica baixa não foram automaticamente excluídos, uma vez que alguns apresentavam contributos contextuais, exploratórios ou metodológicos relevantes. Contudo, os seus resultados foram considerados com menor grau de confiança e não foram utilizados isoladamente para sustentar conclusões gerais.

A apreciação metodológica individual dos 100 estudos incluídos, contendo a avaliação da clareza dos objetivos, da adequação do desenho, da população ou fonte de dados, dos procedimentos de recolha e análise, bem como das limitações e dos potenciais vieses, encontra-se apresentada no Apêndice C, Tabela C.3.

2.4.5 Método de síntese dos resultados

Devido à heterogeneidade dos desenhos metodológicos, das populações analisadas, das fontes de dados, das definições de acidente e das medidas de resultado, não foi considerada adequada a realização de uma meta-análise global. Por esse motivo, foi adotada uma síntese narrativa e temática.

A síntese foi orientada para a identificação de convergências, divergências, tendências e lacunas na literatura. Os estudos foram inicialmente agrupados segundo o desenho metodológico predominante e, posteriormente, classificados de acordo com o principal tema abordado.

Para efeitos de organização da evidência, foram consideradas as seguintes categorias temáticas principais:

- epidemiologia e caracterização dos acidentes;
- quedas em altura;
- causalidade, fatores contributivos, precursores e métodos de investigação;
- gestão da segurança, barreiras e medidas preventivas;
- tecnologia, modelação e análise preditiva;
- grupos vulneráveis e desigualdades na exposição ao risco;
- aprendizagem organizacional e transferência de conhecimento;
- enquadramento metodológico e gestão do risco.

A atribuição de um tema predominante a cada estudo teve uma finalidade exclusivamente organizativa, uma vez que diversos artigos abordavam simultaneamente causas, barreiras, recomendações, grupos vulneráveis e processos de aprendizagem.

A análise temática considerou ainda a presença ou ausência das seguintes dimensões:

- identificação de causas, fatores contributivos, mecanismos ou precursores;
- análise de barreiras de segurança ou medidas de controlo;
- apresentação de recomendações ou estratégias preventivas;
- referência à aprendizagem organizacional, à transmissão de conhecimento ou à utilização de *near misses*;
- correspondência explícita entre as causas identificadas e as recomendações preventivas formuladas.

A caracterização bibliográfica e metodológica dos estudos encontra-se apresentada no Apêndice C, Tabela C.1. Os principais resultados, limitações, potenciais vieses e contributos de cada artigo para a presente investigação encontram-se sistematizados no Apêndice C, Tabela C.2.

A síntese narrativa não teve como objetivo somar indiscriminadamente os resultados dos diferentes estudos, mas interpretar a consistência da evidência considerando o desenho metodológico, o contexto geográfico, a fonte dos dados e as limitações identificadas.

As conclusões sustentadas por vários estudos, realizados em contextos distintos e com métodos diferentes, foram consideradas mais robustas. Pelo contrário, os resultados provenientes de estudos isolados, amostras reduzidas, dados autorreportados ou modelos sem validação externa foram interpretados com maior prudência.

2.4.6 Síntese crítica da literatura

A análise dos 100 estudos evidencia que a investigação sobre segurança na construção continua fortemente orientada para a caracterização dos acidentes, das lesões e dos mecanismos imediatos de ocorrência. Dos estudos incluídos, 32 tiveram como tema predominante a epidemiologia e a caracterização de acidentes, enquanto nove se centraram especificamente nas quedas em altura.

Os estudos epidemiológicos demonstram de forma consistente que as quedas, os impactos por objetos, o contacto com equipamentos, os colapsos estruturais, as eletrocussões e os acidentes envolvendo veículos ou máquinas constituem mecanismos recorrentes de lesão grave ou fatal na construção. As quedas em altura mantêm particular relevância, não apenas pela frequência, mas também pela elevada gravidade das consequências.

Contudo, a literatura contemporânea demonstra que os acidentes não podem ser explicados exclusivamente através do mecanismo físico que produz a lesão. Os estudos centrados na causalidade e nos precursores identificam combinações de fatores técnicos, humanos, organizacionais, contratuais e regulamentares. Entre estes fatores encontram-se a deficiência do planeamento, a supervisão insuficiente, a formação inadequada, a ausência ou degradação das proteções coletivas, o incumprimento dos procedimentos, a pressão produtiva, a fragmentação da cadeia de subcontratação e a fraca comunicação entre os intervenientes.

A codificação temática realizada demonstrou que 79 dos 100 estudos analisaram causas, fatores contributivos, mecanismos de ocorrência ou precursores. Este resultado evidencia que a identificação dos fatores associados aos acidentes constitui uma preocupação central da literatura.

Apesar desta evolução, verificou-se que uma parte significativa dos estudos continua a utilizar classificações relativamente lineares, frequentemente centradas em atos inseguros, condições inseguras ou falhas imediatamente observáveis. Estas abordagens podem ser úteis para organizar a informação, mas tornam-se insuficientes quando não analisam as condições organizacionais e sistémicas que produziram ou mantiveram essas falhas.

Os estudos que utilizam métodos como HFACS, AcciMap, STAMP, redes bayesianas, modelos de aprendizagem automática e análise de precursores procuram superar esta limitação, representando relações entre diferentes níveis do sistema. Contudo, estas abordagens exigem informação detalhada e nem sempre são facilmente aplicáveis a grandes conjuntos de relatórios documentais incompletos.

No que respeita à prevenção, 65 estudos abordaram barreiras de segurança, medidas de controlo, planeamento preventivo ou processos de gestão. Paralelamente, 73 estudos apresentaram recomendações ou estratégias destinadas a evitar a repetição dos acidentes ou a melhorar o desempenho da segurança.

Entre as medidas mais frequentemente referidas encontram-se o reforço das proteções coletivas, o planeamento prévio das tarefas, a melhoria da supervisão, a formação dos trabalhadores, a adequação dos equipamentos, a inspeção sistemática, a participação dos trabalhadores, a utilização de indicadores proativos e o reforço dos sistemas de gestão da segurança.

Contudo, a simples presença de recomendações não garante que estas respondam adequadamente às causas identificadas. Em vários estudos, as recomendações assumem uma natureza genérica, centrada na formação, no cumprimento dos procedimentos ou na utilização de equipamentos de proteção individual, mesmo quando os resultados identificam deficiências organizacionais, falhas de planeamento ou problemas estruturais na gestão do trabalho.

Apenas três estudos estabeleceram de forma explícita uma ligação estruturada entre as causas ou falhas identificadas e as recomendações preventivas formuladas. Mesmo nesses casos, não foi identificada a aplicação de uma medida formal e sistemática de avaliação da coerência causal-preventiva comparável à adotada na presente investigação.

Esta lacuna é particularmente relevante, uma vez que recomendações desalinhadas com as causas podem produzir intervenções superficiais, transferir a responsabilidade para os trabalhadores e não atuar sobre as condições que permitiram a ocorrência do acidente.

A literatura apresenta também um interesse crescente pelos precursores e pelos *near misses*. Estes eventos são interpretados como sinais antecipatórios de degradação do sistema, permitindo a intervenção antes da ocorrência de consequências graves. A análise de *near misses*, observações de segurança, indicadores proativos e condições de risco constitui, assim, uma oportunidade para complementar a aprendizagem baseada exclusivamente em acidentes consumados.

Apesar desta evolução, apenas 20 estudos exploraram explicitamente processos de aprendizagem organizacional, transferência de conhecimento, utilização sistemática de *near misses* ou transformação da experiência dos acidentes em mudanças organizacionais.

Os estudos sobre aprendizagem mostram que a produção de relatórios ou recomendações não equivale automaticamente à aprendizagem. Para que esta ocorra, é necessário que a organização investigue o evento, identifique as condições que o tornaram possível, defina ações coerentes, implemente essas ações, acompanhe a sua eficácia e transfira as aprendizagens para outros projetos, equipas e níveis de decisão.

A reduzida presença desta sequência na literatura demonstra que existe maior atenção à investigação e à formulação de medidas do que à sua implementação, avaliação e disseminação. Assim, a aprendizagem permanece frequentemente limitada ao projeto ou à organização onde ocorreu o acidente, sem mecanismos estruturados para converter a experiência em memória preventiva.

Os estudos sobre trabalhadores migrantes, trabalhadores hispânicos, trabalhadores idosos, trabalhadores temporários e outros grupos vulneráveis demonstram ainda que o risco ocupacional é distribuído de forma desigual. Barreiras linguísticas, precariedade contratual, menor acesso à formação, atribuição de tarefas mais perigosas, reduzido poder de decisão e menor proteção institucional aumentam a vulnerabilidade de determinados grupos.

Esta evidência reforça a necessidade de evitar explicações exclusivamente comportamentais. O comportamento observado no momento do acidente pode refletir condições mais amplas relacionadas com a organização do trabalho, a supervisão, a estrutura contratual, a cultura de segurança e a posição do trabalhador na organização.

A literatura demonstra igualmente uma expansão das tecnologias aplicadas à segurança, incluindo sensores, Internet das Coisas, visão computacional, aprendizagem automática, realidade virtual, sistemas digitais de observação e modelos preditivos. Estas tecnologias podem melhorar a identificação de perigos e a antecipação de riscos, mas a sua eficácia depende da qualidade dos dados, da integração nos processos de gestão e da capacidade da organização para atuar sobre os alertas produzidos.

Em síntese, os estudos revistos oferecem conhecimento substancial sobre os mecanismos de acidente, os fatores contributivos, os grupos vulneráveis, os precursores e as medidas preventivas. Contudo, persistem três lacunas principais:

1. predomínio de análises descritivas ou centradas nos fatores mais próximos do acidente, com integração ainda limitada das condições organizacionais e sistémicas;
2. insuficiente avaliação da correspondência entre as causas identificadas e as recomendações preventivas formuladas;
3. reduzida transformação dos resultados da investigação em processos estruturados de aprendizagem organizacional, acompanhamento e transferência de conhecimento.

Estas lacunas sustentam a pertinência da presente investigação, que combina a análise das causas, dos fatores contributivos e das barreiras de segurança com a avaliação da coerência causal-preventiva e com a construção de uma matriz de aprendizagem organizacional. Esta abordagem poderá contribuir para que os relatórios de acidentes deixem de constituir apenas registos retrospetivos e passem a funcionar como instrumentos estruturados de prevenção e aprendizagem.

2.5 Evolução conceptual da investigação de acidentes

2.5.1 Dos modelos lineares aos modelos organizacionais

A investigação de acidentes evoluiu de abordagens lineares centradas no comportamento individual para modelos organizacionais e sistémicos. Os primeiros modelos, como a teoria dos dominós de Heinrich, interpretavam os acidentes como sequências lineares de eventos, frequentemente associados a atos ou condições inseguros (Heinrich, 1931).

Posteriormente, Bird apresentou uma visão mais abrangente, reconhecendo a influência das falhas de gestão e dos fatores organizacionais na origem dos acidentes (Bird, 1974). Esta evolução permitiu deslocar progressivamente o foco da culpabilização individual para a análise das condições organizacionais que tornam os acidentes possíveis.

2.5.2 Reason e as falhas latentes

O modelo de Reason representa uma das contribuições mais relevantes para a compreensão moderna dos acidentes. Através do modelo do "Queijo Suíço", o autor distinguiu falhas ativas, cometidas na linha da frente, e falhas latentes, introduzidas por decisões organizacionais, falhas de planeamento, deficiências de supervisão ou cultura de segurança insuficiente (Reason, 1997).

Esta abordagem é particularmente relevante para a construção civil, onde muitos acidentes resultam da combinação entre decisões organizacionais, condições operacionais degradadas e barreiras de segurança fragilizadas.

2.5.3 Rasmussen, migração para o risco e sistemas dinâmicos

Rasmussen (1997) propôs uma leitura dinâmica dos acidentes, defendendo que os sistemas de trabalho tendem a migrar progressivamente para zonas de maior risco devido a pressões de produtividade, de custos e de tempo. Esta perspetiva é especialmente aplicável à construção civil, onde a pressão operacional e a variabilidade do trabalho favorecem adaptações informais e desvios progressivos relativamente às condições planeadas.

2.5.4 Modelos sistémicos: STAMP, AcciMap e HFACS

Os modelos sistémicos, como STAMP, AcciMap e HFACS, contribuíram para ampliar a análise dos acidentes para diferentes níveis do sistema sociotécnico. O STAMP interpreta os acidentes como falhas de controlo sistémico (Leveson, 2004). O AcciMap permite representar a causalidade em diferentes níveis hierárquicos, desde o nível regulatório ao operacional (Rasmussen, 1997). O HFACS organiza fatores humanos e organizacionais em níveis como atos inseguros, pré-condições, supervisão e influências organizacionais (Shappell & Wiegmann, 2000).

Na presente dissertação, estes modelos não constituem ferramentas operacionais principais de codificação, mas servem como enquadramento conceptual para interpretar os padrões sistémicos emergentes dos relatórios analisados.

2.5.5 Causa-raiz, multicausalidade e emergência sistémica

Nas perspetivas sistémicas, a designação "causa-raiz" não deve ser interpretada como uma causa única, definitiva ou universalmente localizada na origem do acidente. Os acidentes podem emergir da interação entre múltiplos fatores técnicos, humanos, organizacionais e contextuais, sem que um deles, isoladamente, seja suficiente para explicar a ocorrência (Rasmussen, 1997; Leveson, 2004).

Neste enquadramento, a causa-raiz é utilizada na presente dissertação como uma categoria analítica operacional, destinada a representar fatores subjacentes identificados nos relatórios e suscetíveis de intervenção preventiva. Num mesmo acidente podem coexistir várias causas-raiz ou diferentes domínios causais, dependendo da qualidade da evidência disponível e do nível de profundidade alcançado pela investigação.

Esta utilização permite manter a aplicabilidade prática do conceito, sem reduzir a causalidade a uma explicação linear. Assim, a identificação de causas-raiz não pretende determinar uma origem causal final, mas reconhecer fragilidades estruturais ou organizacionais cuja correção pode reduzir a probabilidade de recorrência.

2.6 Métodos estruturados de análise causal

2.6.1 Método dos 5 Porquês

O método dos 5 Porquês, desenvolvido no contexto do Sistema Toyota de Produção, baseia-se no questionamento sucessivo da relação causa-efeito, com o objetivo de ultrapassar explicações superficiais e identificar fatores subjacentes ao acidente (Ohno, 1988).

Na investigação de acidentes, este método permite aprofundar a análise para além da causa imediata, favorecendo a identificação de falhas de planeamento, supervisão, formação, comunicação ou controlo operacional. Contudo, a sua aplicação exige rigor, pois pode conduzir a simplificações excessivas quando utilizada de forma linear ou pouco crítica (Rooney & Heuvel, 2004).

2.6.2 Root Cause Analysis (RCA)

O *Root Cause Analysis* (RCA) é uma abordagem estruturada utilizada para identificar fatores subjacentes associados a acidentes e falhas operacionais. O RCA permite organizar a análise em causas imediatas, causas contributivas e causas-raiz, procurando compreender não apenas o que aconteceu, mas também as condições que permitiram a ocorrência do evento (Rooney & Heuvel, 2004).

Contudo, a expressão "causa-raiz" não implica necessariamente a existência de uma causa única ou final. Em acidentes complexos, podem ser identificadas várias causas-raiz relacionadas com diferentes níveis do sistema, incluindo planeamento, supervisão, organização do trabalho, controlo técnico e gestão da segurança.

Na presente dissertação, a causa-raiz constitui uma categoria analítica operacional aplicada aos fatores subjacentes identificáveis na documentação. A sua atribuição depende da evidência disponível e não pretende representar uma explicação causal universal ou ontologicamente definitiva.

A aplicação do RCA é particularmente relevante em acidentes graves e fatais, pois permite estruturar fatores técnicos, humanos, organizacionais e operacionais que contribuíram para a ocorrência. Na presente dissertação, o RCA constitui um dos métodos centrais de análise dos relatórios selecionados.

2.6.3 Árvore de Causas

A Árvore de Causas é um método gráfico e lógico de reconstrução do acidente, baseado na identificação das relações entre factos, condições e eventos que antecederam a ocorrência. Ao contrário de abordagens estritamente lineares, permite representar múltiplas cadeias causais em paralelo, evidenciando a convergência de fatores técnicos, humanos e organizacionais (Katsakiori et al., 2009).

Este método é particularmente adequado para acidentes complexos na construção civil, nos quais diferentes condições contribuem simultaneamente para o evento final, nomeadamente estados transitórios, falhas nas barreiras, alterações operacionais e deficiências de coordenação.

2.6.4 Comparação técnica dos métodos e critérios de seleção

A seleção do método de investigação deve considerar a complexidade do sistema analisado, a qualidade da evidência disponível e a finalidade preventiva da investigação (Zhou et al., 2015; Katsakiori et al., 2009; Underwood & Waterson, 2019; Duryan et al., 2020).

A comparação apresentada na Tabela 5 foi elaborada a partir de uma síntese interpretativa da literatura metodológica, considerando os seguintes critérios: complexidade de aplicação, capacidade de identificar fatores organizacionais, exigência de informação, aplicabilidade a relatórios documentais, facilidade de tradução dos resultados em ações preventivas e adequação à análise de grandes amostras.

Tabela 5 - Comparação técnica dos principais métodos de investigação e análise de acidentes

Critério	**5 porquês**	**RCA**	**Árvore de causas**	**HFACS**	**AcciMap**	**STAMP**
Tipo de modelo	Linear	Multicausal	Gráfico multicausal	taxonómico	Sistémico multinível	Sistémico de controlo
Complexidade	Baixa	Média	Média	Média	Elevada	Elevada

Critério	5 porquês	RCA	Árvore de causas	HFACS	AcciMap	STAMP
Identificação de causas organizacionais	Limitada	Elevada	Elevada	Elevada	Muito elevada	Muito elevada
Aplicabilidade a relatórios documentais	Elevada	Elevada	Elevada	Moderada	Moderada	Limitada
Tradução em ações preventivas	Elevada	Elevada	Elevada	Moderada	Moderada	Complexa
Adequação a grandes amostras	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada	Limitada	Limitada
Adequação à presente dissertação	Elevada	Elevada	Elevada	Moderada	Limitada	Limitada

A classificação apresentada na Tabela 4 resulta de uma síntese interpretativa da literatura metodológica sobre investigação de acidentes. Para a comparação dos métodos, foram considerados seis critérios principais:

- complexidade de aplicação do método;
- capacidade de identificação de fatores organizacionais;
- aplicabilidade a relatórios documentais;
- facilidade de tradução dos resultados em ações preventivas;
- adequação à análise de grandes amostras;
- adequação às características e aos objetivos da presente dissertação.

As classificações qualitativas "muito elevada", "elevada", "moderada", "limitada", "média" e "baixa" representam uma síntese interpretativa fundamentada na literatura especializada e têm como finalidade facilitar a comparação entre os diferentes métodos analisados. Estas classificações não constituem uma escala quantitativa validada nem uma avaliação absoluta da qualidade ou da capacidade explicativa dos métodos. Correspondem a uma comparação relativa, desenvolvida especificamente para o contexto desta investigação e para a análise documental dos 103 relatórios de acidentes fatais selecionados.

A classificação da complexidade de aplicação considera os conhecimentos especializados, os recursos, o tempo e a quantidade de informação necessários para a utilização consistente de cada método. A capacidade de identificação de fatores organizacionais refere-se à possibilidade de o método ultrapassar as circunstâncias imediatas do acidente e integrar elementos relacionados com o planeamento, a supervisão, a gestão e o contexto organizacional.

A aplicabilidade a relatórios documentais considera a possibilidade de utilização do método sem recolha complementar de dados através de entrevistas, observação direta ou reconstrução integral do sistema sociotécnico. A tradução em ações preventivas corresponde à facilidade com que os resultados da análise podem ser convertidos em medidas concretas de prevenção, controlo ou mitigação. A adequação a grandes amostras considera a possibilidade de aplicação uniforme e comparável do método a um número elevado de casos.

A menor adequação atribuída ao AcciMap e ao STAMP no contexto da presente dissertação não traduz uma menor capacidade explicativa destes modelos. Resulta, sobretudo, da sua maior exigência de informação relativa aos níveis regulatórios, às estruturas organizacionais, aos processos decisórios e aos mecanismos de controlo do sistema, elementos que nem sempre se encontram suficientemente documentados nos relatórios FACE/NIOSH.

Por sua vez, os métodos dos 5 Porquês, RCA e Árvore de Causas apresentam maior adequação à investigação desenvolvida devido à sua aplicabilidade documental, à possibilidade de utilização sistemática numa amostra extensa e à capacidade de estabelecer relações rastreáveis entre os factos descritos, os fatores contributivos, as causas operacionalmente definidas e as recomendações preventivas.

2.6.5 Fundamentação da estratégia metodológica integrada

A presente dissertação adota uma estratégia metodológica integrada baseada na utilização sequencial dos métodos dos 5 Porquês, RCA e Árvore de Causas para a análise dos relatórios de acidentes fatais. A opção por esta abordagem fundamenta-se na evidência disponível na literatura, segundo a qual nenhum método de investigação de acidentes, quando utilizado isoladamente, é capaz de responder de forma satisfatória a todas as dimensões da causalidade. Diferentes métodos apresentam potencialidades distintas e complementares, sendo frequentemente recomendada a sua utilização combinada para aumentar a profundidade da análise e melhorar a qualidade das recomendações preventivas (Katsakiori et al. 2009; Underwood & Waterson, 2019; Duryan et al. 2020).

A integração metodológica adotada procura explorar as principais vantagens de cada método. O método dos 5 Porquês permite aprofundar progressivamente a investigação através da formulação sucessiva da pergunta "porquê?", apoiando a identificação de fatores subjacentes classificados operacionalmente como causas-raiz. O Root Cause Analysis (RCA) proporciona uma estrutura sistemática para organizar e validar as causas identificadas, distinguindo fatores técnicos, humanos, organizacionais e de gestão. Por sua vez, a Árvore de Causas permite representar de forma lógica e sequencial as relações existentes entre acontecimentos, condições antecedentes e fatores contribuintes, facilitando a compreensão da cadeia causal que conduziu ao acidente.

Nesta investigação, os três métodos não foram aplicados de forma independente, mas sim de forma sequencial e complementar, permitindo que os resultados obtidos numa etapa constituíssem a base para a etapa seguinte. Esta estratégia possibilitou aprofundar a análise causal sem perder a coerência entre os diferentes níveis de interpretação do acidente, desde os acontecimentos imediatos até às fragilidades organizacionais subjacentes.

O processo metodológico desenvolvido pode ser sintetizado como apresentado na Figura 2.

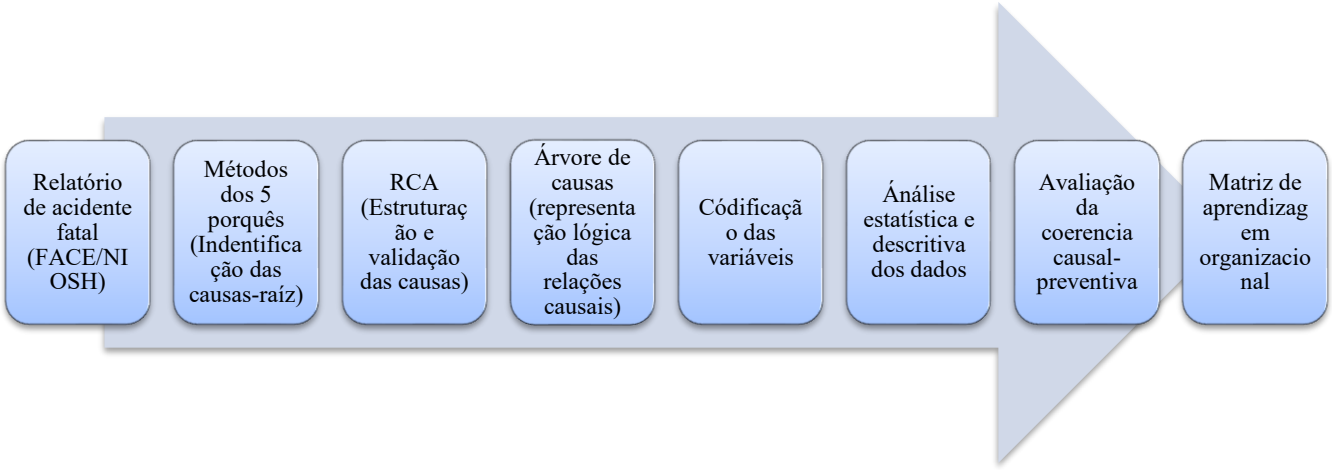


Figura 2 - Processo metodológico

A integração destes métodos mostrou-se particularmente adequada à natureza documental da investigação. Os relatórios FACE/NIOSH apresentam diferentes níveis de detalhe e profundidade analítica, não disponibilizando, em muitos casos, informação suficiente para a aplicação integral de modelos sistémicos mais complexos, como o STAMP ou o AcciMap. Em contrapartida, a combinação dos 5 Porquês, RCA e Árvore de Causas permitiu explorar de forma consistente a informação disponível, identificar padrões causais recorrentes e estabelecer relações entre causas, barreiras de segurança e recomendações preventivas.

Assim, a estratégia metodológica adotada permitiu não apenas aprofundar a compreensão da causalidade dos acidentes fatais analisados, mas também criar uma base estruturada para a codificação das variáveis, para a avaliação da coerência entre causas e recomendações preventivas e para o desenvolvimento da matriz de aprendizagem organizacional proposta na presente dissertação.

2.7 Barreiras de segurança e degradação do controlo operacional

2.7.1 Conceito de barreiras de segurança

As barreiras de segurança são mecanismos destinados a prevenir, controlar ou mitigar a exposição dos trabalhadores a perigos (Reason, 1997; Hollnagel & Vanderhaegen, 2015). Podem assumir natureza técnica, organizacional, humana ou administrativa, incluindo proteções coletivas, equipamentos de proteção individual, procedimentos, formação, supervisão, sinalização, inspeções e sistemas de controlo operacional.

2.7.2 Degradação funcional das barreiras

A literatura demonstra que a existência formal de barreiras não garante a sua eficácia. Em muitos acidentes graves e fatais, as barreiras estão presentes, mas encontram-se degradadas, mal aplicadas, incorretamente dimensionadas ou inadequadas às condições reais do trabalho (Reason, 1997; Leveson, 2004).

Na construção civil, esta degradação é frequentemente observada em sistemas de proteção contra quedas, plataformas, escoramentos, ancoragens, acessos temporários, quick couplers, zonas de exclusão e estruturas provisórias (Dong et al., 2012).

No caso específico das quedas em altura, estudos recentes demonstram que a falha ou inexistência de sistemas de proteção coletiva e individual continua a representar uma das principais fragilidades das barreiras de segurança na construção civil (Varianou-Mikellidou, et al., 2025; Swart et al., 2025).

2.7.3 Falsa perceção de segurança

Um aspeto crítico é a existência de uma falsa perceção de segurança. Determinadas superfícies, equipamentos ou sistemas podem parecer seguros, embora não apresentem a capacidade real de proteger os trabalhadores. Esta situação pode ocorrer, por exemplo, em claraboias, coberturas frágeis, painéis temporários, plataformas improvisadas, sistemas de ancoragem inadequados ou estruturas parcialmente estabilizadas (Reason, 1997; Hollnagel & Vanderhaegen, 2015).

2.8 Improvisação operacional e adaptação do trabalho real

2.8.1 Diferença entre trabalho prescrito e trabalho real

A literatura contemporânea distingue o trabalho tal como é planeado ou imaginado pela organização do trabalho do trabalho efetivamente realizado no terreno. Na construção civil, esta diferença é particularmente relevante devido à variabilidade das condições de obra e à necessidade permanente de adaptação (Hollnagel & Vanderhaegen, 2015).

2.8.2 Normalização da improvisação

A pressão para cumprir prazos, a limitação de recursos e a necessidade de continuidade da produção podem conduzir à adoção de improvisações operacionais, como a utilização de equipamentos fora de sua finalidade, a construção artesanal de plataformas, a remoção temporária de proteções ou a alteração de sequências de trabalho.

Quando estas práticas não originam imediatamente acidentes, podem tornar-se normalizadas, criando uma falsa sensação de segurança e contribuindo para a migração progressiva do sistema para zonas de maior risco (Rasmussen, 1997).

A fadiga física pode comprometer significativamente o reconhecimento de perigos, a perceção situacional e a qualidade da tomada de decisão operacional, particularmente em atividades de elevada exigência física e cognitiva (Lee et al., 2020).

2.9 Limitações das abordagens tradicionais de investigação

As abordagens tradicionais de investigação de acidentes apresentam limitações quando se centram excessivamente no erro humano, nos atos inseguros ou na identificação de uma causa única. Em sistemas sociotécnicos complexos, esta perspetiva pode ocultar fatores organizacionais, estruturais e contextuais determinantes para a ocorrência do acidente (Reason, 1997; Leveson, 2004; Underwood & Waterson, 2019).

Além disso, abordagens excessivamente focadas na conformidade documental podem ignorar a diferença entre a existência formal de procedimentos e a eficácia real no terreno. A investigação de acidentes deve, por isso, ultrapassar a simples verificação documental e procurar compreender como o sistema funcionava efetivamente antes do acidente.

2.10 Necessidade de uma abordagem sistémica integrada

A persistência de acidentes graves e fatais na construção civil evidencia a necessidade de abordagens capazes de integrar múltiplos níveis de análise. A análise sistémica permite compreender que os acidentes graves e fatais raramente resultam de uma única falha isolada, mas frequentemente decorrem da combinação dinâmica de múltiplos fatores técnicos, humanos e organizacionais (Ma et al., 2021; Zhou et al., 2015).

A presente dissertação adota uma perspetiva sistémica, considerando que os acidentes resultam da interação entre fatores técnicos, humanos, organizacionais, ambientais e operacionais.

A utilização dos 5 Porquês, da RCA e da Árvore de Causas permite operacionalizar esta análise, enquanto os modelos conceptuais discutidos anteriormente apoiam a interpretação sistémica dos padrões identificados. Neste contexto, torna-se necessário integrar criticamente os contributos e limitações das diferentes abordagens analisadas na literatura.

2.11 Síntese crítica da literatura

2.11.1 Evolução da compreensão da causalidade dos acidentes

A análise integrada da literatura evidencia que a investigação de acidentes na construção evoluiu significativamente nas últimas décadas, acompanhando uma transformação paradigmática na compreensão da causalidade. O acidente deixou de ser entendido progressivamente como resultado de uma sequência linear de eventos, passando a ser conceptualizado como um fenómeno emergente da interação dinâmica entre fatores técnicos, humanos, organizacionais e estruturais (Reason, 1997; Rasmussen, 1997; Leveson, 2004).

Neste enquadramento, a literatura contemporânea demonstra igualmente uma crescente valorização de abordagens preventivas proativas baseadas na identificação de precursores, leading indicators e sinais

antecipatórios de degradação do sistema de segurança (Barra et al., 2024; Varianou-Mikellidou et al., 2025). Os acidentes graves e fatais passam, assim, a ser interpretados não como eventos súbitos ou exclusivamente associados a falhas individuais, mas como consequência da acumulação progressiva de fragilidades organizacionais, insuficiências no planeamento preventivo, falhas de supervisão, desvios operacionais e degradação gradual das barreiras de segurança.

Paralelamente, diversos estudos internacionais reforçam que a ocorrência de acidentes ocupacionais graves não pode ser explicada exclusivamente através de fatores comportamentais ou individuais. Elementos como precariedade laboral, subcontratação intensiva, envelhecimento da força de trabalho, migração laboral, pressão produtiva, exploração ocupacional, desigualdade social e vulnerabilidade organizacional exercem influência significativa na exposição ao risco e na severidade das consequências (Ahonen et al., 2007; Moyce & Schenker, 2018; Lee et al., 2020). Esta perspetiva reforça a necessidade de compreender os acidentes enquanto fenómenos sociotécnicos complexos, condicionados simultaneamente por fatores operacionais, organizacionais e estruturais.

2.11.2 Análise crítica dos métodos de investigação de acidentes

A literatura evidencia igualmente que a eficácia da investigação de acidentes não depende exclusivamente da sofisticação conceptual do modelo adotado, mas, sobretudo, da coerência entre o método, a qualidade da evidência disponível, a consistência analítica e a finalidade preventiva da investigação (Underwood & Waterson, 2014; Hollnagel & Vanderhaegen, 2015). Embora modelos sistémicos complexos possam oferecer elevado poder explicativo, a sua operacionalização prática pode revelar limitações significativas quando aplicados a grandes bases documentais retrospetivas, frequentemente caracterizadas por níveis variáveis de detalhe e profundidade investigativa.

Neste contexto, os métodos estruturados de análise causal, como o 5 Porquês, o Root Cause Analysis (RCA) e a Árvore de Causas, mantêm elevada relevância pela capacidade de estabelecer uma rastreabilidade lógica entre evidências factuais, fatores contributivos e causas-raiz. A principal robustez destes métodos reside na operacionalização prática da análise causal e na capacidade de estabelecer uma ligação direta entre as causas identificadas e medidas preventivas concretas. Adicionalmente, estes métodos apresentam elevada adequação quando a principal fonte de informação consiste em relatórios documentais retrospetivos, desde que aplicados com critérios explícitos de consistência metodológica e validação inferencial.

Por outro lado, modelos sistémicos como o AcciMap e o STAMP ampliam significativamente o enquadramento explicativo da investigação de acidentes ao integrarem níveis organizacionais superiores, processos decisórios complexos, falhas regulatórias e dinâmicas de controlo sistémico. A principal contribuição destes modelos reside na capacidade de revelar vulnerabilidades estruturais, lacunas organizacionais e falhas latentes frequentemente invisíveis em abordagens lineares tradicionais. Contudo, a aplicação operacional integral destes modelos pressupõe a disponibilidade de informação detalhada sobre a arquitetura organizacional, a governação da segurança e os processos de tomada de decisão, o que pode constituir uma limitação relevante em contextos predominantemente baseados em documentação retrospetiva.

O HFACS, enquanto modelo taxonómico, ocupa uma posição intermédia entre as abordagens lineares e os modelos sistémicos mais complexos, permitindo a padronização da classificação e a análise comparativa entre casos. A sua aplicação em acidentes fatais na construção civil tem demonstrado particular utilidade na identificação de influências organizacionais, falhas de supervisão e fatores humanos latentes. Ainda assim, a utilização de categorias pré-definidas pode introduzir rigidez analítica e enviesamento classificatório quando não acompanhada de critérios explícitos de codificação e de interpretação contextual.

2.11.3 Investigação de acidentes e aprendizagem organizacional

Adicionalmente, diversos autores defendem que a investigação de acidentes apenas produz valor preventivo efetivo quando as aprendizagens obtidas são integradas nos sistemas organizacionais de gestão da segurança, transformando relatórios históricos em conhecimento preventivo estruturado e transferível (Duryan et al., 2020; Jacobsson et al., 2012). Neste sentido, a investigação de acidentes deve ser entendida não apenas como instrumento reativo de determinação de responsabilidade, mas também como mecanismo contínuo de aprendizagem organizacional, de melhoria sistémica da segurança e de reforço da maturidade preventiva das organizações.

Desta forma, a robustez de uma investigação não se mede exclusivamente pela profundidade analítica alcançada, mas também pela sua capacidade de produzir conhecimento organizacional útil, operacionalizável e transferível para contextos preventivos futuros. A consistência metodológica, a transparência dos critérios de classificação, a rastreabilidade entre a evidência e a conclusão e a capacidade de transformar as aprendizagens em medidas preventivas constituem elementos essenciais para assegurar a validade científica e a utilidade prática da investigação.

2.11.4 Lacunas identificadas na literatura

Apesar da evolução conceptual e metodológica da investigação de acidentes nas últimas décadas, persistem lacunas significativas na operacionalização integrada dos resultados produzidos pelas investigações. A maioria dos estudos concentra-se na identificação de fatores causais, na descrição das circunstâncias dos acidentes ou na aplicação isolada de métodos específicos de investigação. Permanece, contudo, limitada a evidência sobre modelos operacionais capazes de articular, de forma sistemática, as causas-raiz identificadas, as falhas nas barreiras de segurança e as recomendações preventivas, particularmente quando se analisam grandes bases documentais de acidentes fatais.

Acresce que poucos estudos avaliam a coerência entre as causas identificadas e as recomendações preventivas propostas, nem exploram de forma estruturada o potencial da investigação de acidentes como instrumento de aprendizagem organizacional. Esta limitação reduz a capacidade de transformar o conhecimento obtido a partir de acidentes passados em estratégias preventivas consistentes e transferíveis para novos contextos organizacionais.

Neste enquadramento, justifica-se o desenvolvimento de abordagens metodológicas que permitam integrar diferentes métodos de análise causal, avaliar a coerência entre causas e recomendações preventivas e

sistematizar as aprendizagens obtidas em modelos de aplicação prática. É neste contexto que se enquadra a presente dissertação, procurando contribuir para o reforço da investigação de acidentes enquanto instrumento de prevenção e de aprendizagem organizacional.

2.12 Problema de investigação

Apesar da evolução legislativa, normativa e tecnológica, os acidentes fatais continuam a ocorrer com frequência significativa na construção civil. A literatura evidencia que muitos destes acidentes não resultam de uma falha isolada, mas da interação entre fatores técnicos, humanos, organizacionais, ambientais e operacionais, frequentemente acompanhada pela inexistência, inadequação ou degradação das barreiras de segurança

Contudo, permanece limitada a evidência sobre abordagens aplicáveis a grandes bases documentais que permitam articular, de forma sistemática, as circunstâncias dos acidentes, os fatores contributivos, as causas-raiz operacionalmente definidas, as falhas nas barreiras e as recomendações preventivas. Acresce que nem sempre é avaliado se as recomendações propostas respondem efetivamente às causas identificadas, o que pode limitar a aprendizagem organizacional e a prevenção da recorrência.

Neste enquadramento, coloca-se a seguinte questão central de investigação:

De que forma a análise estruturada de relatórios de acidentes fatais na construção civil pode contribuir para a identificação de padrões causais e de degradação das barreiras de segurança, para a avaliação da coerência entre as causas identificadas e as recomendações preventivas e para a sistematização de aprendizagens organizacionais aplicáveis à prevenção de acidentes futuros?

2.13 Objetivos da dissertação

2.13.1 Objetivo geral

Analisar, de forma estruturada, 103 relatórios de acidentes fatais na construção civil através da aplicação integrada dos métodos dos 5 Porquês, Root Cause Analysis e Árvore de Causas, com vista à caracterização dos acidentes, à identificação das causas imediatas, dos fatores contributivos e das causas-raiz operacionalmente definidas, à análise da degradação das barreiras de segurança e à avaliação da coerência entre as causas identificadas e as recomendações preventivas, apoiando o desenvolvimento de uma matriz de aprendizagem organizacional.

2.13.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar os acidentes fatais analisados quanto à tipologia, fase da obra, atividade desenvolvida e agente material envolvido;
2. Identificar as causas imediatas, fatores contributivos e causas-raiz operacionalmente definidas associadas aos acidentes;

3. Analisar os fatores técnicos, humanos, organizacionais, ambientais e operacionais presentes nos relatórios, bem como as associações estatísticas entre variáveis selecionadas;
4. Identificar padrões de inexistência, inadequação, falha ou degradação das barreiras de segurança;
5. Avaliar a coerência causal-preventiva entre as causas identificadas e as recomendações formuladas nos relatórios;
6. Desenvolver uma matriz de aprendizagem organizacional baseada nos acidentes analisados, destinada a sistematizar as causas, as falhas nas barreiras e as medidas preventivas aplicáveis a contextos futuros.

2.14 Contributo científico esperado

A presente investigação procura contribuir para o aprofundamento do conhecimento sobre os acidentes fatais na construção civil através da análise estruturada de 103 relatórios FACE/NIOSH e da aplicação integrada dos métodos dos 5 Porquês, Root Cause Analysis e Árvore de Causas.

Espera-se que a análise permita identificar padrões recorrentes relacionados com causas imediatas, fatores contributivos, causas-raiz operacionalmente definidas, falhas nas barreiras de segurança e fragilidades organizacionais. Pretende-se igualmente explorar em que medida os acidentes analisados podem estar associados à interação entre fatores técnicos, humanos, organizacionais, ambientais e operacionais, evitando a sua interpretação como resultado de uma única falha isolada.

A avaliação da coerência causal-preventiva poderá contribuir para compreender se as recomendações constantes dos relatórios respondem adequadamente às causas identificadas ou se permanecem predominantemente centradas em medidas individuais, administrativas ou comportamentais. Esta análise poderá apoiar uma formulação mais consistente de medidas preventivas orientadas para os fatores técnicos e organizacionais subjacentes.

A matriz de aprendizagem organizacional proposta poderá constituir um instrumento de sistematização do conhecimento obtido a partir dos acidentes, relacionando tipologias de ocorrência, causas, falhas nas barreiras e medidas preventivas potencialmente aplicáveis a contextos semelhantes. A sua utilização prática e generalização, contudo, dependerão de validação posterior em diferentes organizações, projetos e contextos nacionais.

Deste modo, o contributo esperado da dissertação reside na articulação entre análise causal, avaliação das barreiras, coerência das recomendações e aprendizagem organizacional, procurando reforçar a utilização da investigação de acidentes como instrumento de prevenção e de melhoria contínua dos sistemas de gestão da segurança, em consonância com os princípios da ISO 45001.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Enquadramento metodológico

A presente investigação adotou uma abordagem metodológica baseada na análise documental retrospetiva de relatórios de acidentes fatais ocorridos no setor da construção civil. A estratégia metodológica combinou uma componente predominantemente qualitativa, centrada na análise sistemática do conteúdo dos relatórios e na identificação de causas, fatores contributivos, barreiras de segurança e recomendações preventivas, com uma componente quantitativa exploratória resultante da codificação estruturada dessas evidências em variáveis passíveis de tratamento estatístico.

Esta opção metodológica permitiu transformar informação qualitativa proveniente dos relatórios de investigação em dados organizados e comparáveis, possibilitando simultaneamente a caracterização dos acidentes, a identificação de padrões causais recorrentes, a realização de análises estatísticas exploratórias e a avaliação da coerência entre as causas identificadas e as recomendações preventivas propostas.

Do ponto de vista do desenho de investigação, o estudo assume uma natureza observacional, retrospetiva, documental, descritiva e analítica (Hulley et al. 2013, Porta, 2015). É observacional por não existir qualquer intervenção sobre os fenómenos analisados; retrospetiva porque incide sobre acidentes já ocorridos; documental porque utiliza relatórios de investigação como fonte primária de informação; descritiva por caracterizar os acidentes e os fatores associados; e analítica por procurar identificar relações entre variáveis, padrões causais e oportunidades de melhoria preventiva.

A utilização de relatórios de investigação de acidentes como fonte de dados apresenta particular relevância no domínio da segurança e saúde ocupacional, uma vez que estes documentos contêm informação detalhada sobre a sequência dos acontecimentos, os fatores contributivos identificados, as barreiras de segurança existentes, as falhas observadas e as medidas corretivas propostas. A análise sistemática desta informação permite transformar acontecimentos passados em conhecimento preventivo estruturado, contribuindo para a aprendizagem organizacional e para o desenvolvimento de estratégias de prevenção mais eficazes.

A investigação foi desenvolvida com base numa perspetiva sistémica da segurança, assumindo que os acidentes fatais raramente resultam de uma única causa. Pelo contrário, são entendidos como fenómenos emergentes da interação dinâmica entre fatores técnicos, humanos, organizacionais, ambientais e operacionais. Esta perspetiva encontra-se alinhada com os contributos teóricos de Reason (1997), Rasmussen (1997) e Leveson (2004), bem como com os princípios da ISO 45001:2018 relativos à aprendizagem organizacional e melhoria contínua.

Neste enquadramento, a investigação não se limita à identificação das causas dos acidentes, procurando igualmente avaliar a relação entre as causas identificadas e as medidas preventivas propostas nos respetivos relatórios. Esta abordagem permite analisar a coerência entre o diagnóstico e a intervenção preventiva, contribuindo para a construção de uma matriz de aprendizagem organizacional baseada na experiência acumulada a partir dos acidentes estudados.

3.2 Desenho da investigação

O desenho metodológico da investigação foi estruturado em fases sequenciais e complementares, garantindo rigor, consistência e rastreabilidade ao longo de todo o processo analítico. A Figura 3 sintetiza as principais etapas do desenho metodológico adotado na presente investigação.

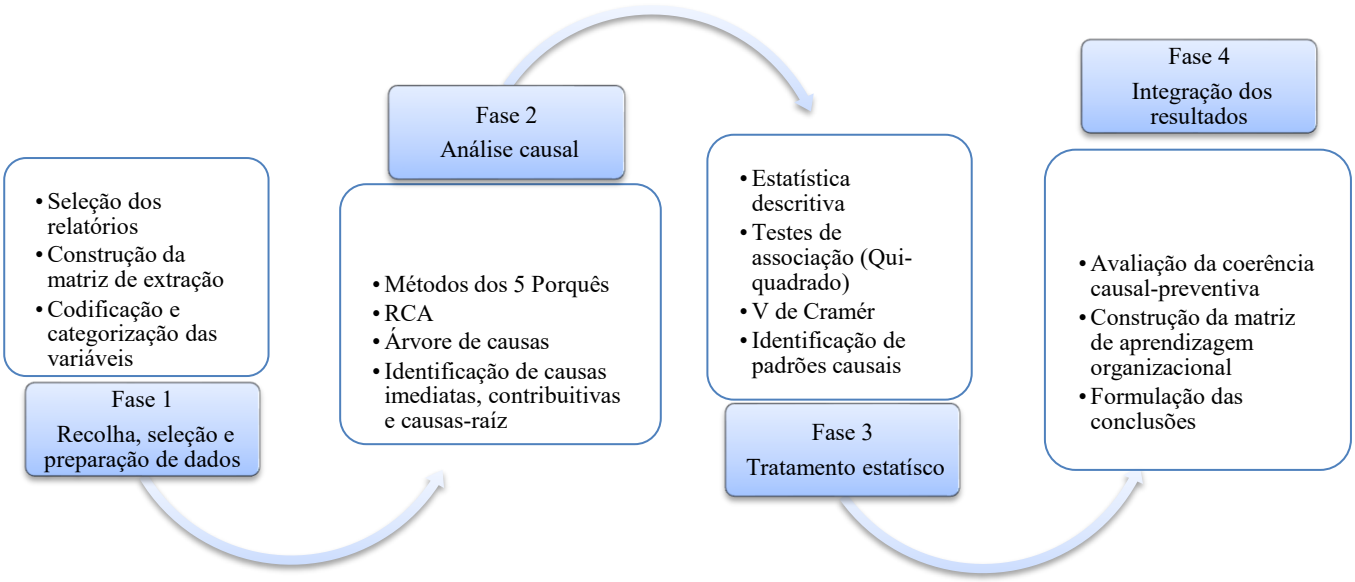


Figura 3 - Etapas do desenho metodológico adotado na presente dissertação.

Numa primeira fase, procedeu-se à recolha e à seleção dos relatórios de acidentes, seguida da construção de uma matriz estruturada para a extração de dados. Posteriormente, realizaram-se a codificação e a categorização da informação contida nos relatórios, transformando dados predominantemente qualitativos em variáveis passíveis de tratamento estatístico.

Numa segunda fase, foi efetuada a análise causal dos acidentes através da aplicação integrada dos métodos dos 5 Porquês, *Root Cause Analysis* (RCA) e Árvore de Causas. Esta etapa permitiu identificar causas imediatas, causas contributivas e causas-raiz associadas aos acidentes analisados.

Numa terceira fase procedeu-se ao tratamento estatístico dos dados, recorrendo a técnicas de estatística descritiva e inferencial. A análise descritiva permitiu caracterizar a amostra e identificar padrões gerais, enquanto a análise inferencial possibilitou explorar associações entre variáveis e identificar relações relevantes do ponto de vista preventivo.

Por fim, foi realizada uma avaliação da coerência entre as causas identificadas e as recomendações propostas nos relatórios, permitindo analisar em que medida as medidas preventivas implementadas atuam efetivamente sobre os fatores causais identificados. Os resultados desta análise serviram de base para a

construção de uma matriz de aprendizagem organizacional destinada a apoiar futuras decisões de prevenção e de gestão da segurança.

3.3 Universo e amostra

3.3.1 Universo

O universo da presente investigação corresponde ao conjunto de relatórios de investigação de acidentes de trabalho graves e fatais disponibilizados pelo programa *Fatality Assessment and Control Evaluation* (FACE), desenvolvido pelo *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH).

O programa FACE tem como principal objetivo investigar acidentes ocupacionais fatais, identificar os fatores causais e elaborar recomendações para prevenir ocorrências semelhantes. Os relatórios produzidos no âmbito deste programa apresentam um elevado nível de detalhe técnico, incluindo a descrição do acidente, a sequência dos acontecimentos, as condições de trabalho, os fatores contributivos, a análise das causas e as recomendações preventivas.

A utilização desta fonte documental justifica-se pela qualidade, consistência e profundidade das investigações realizadas, permitindo aceder a informação detalhada frequentemente indisponível em bases estatísticas convencionais. Adicionalmente, os relatórios FACE são amplamente utilizados na investigação científica sobre segurança ocupacional e prevenção de acidentes, constituindo uma fonte reconhecida de conhecimento para a análise causal e a aprendizagem organizacional.

A base de dados do programa FACE foi consultada entre outubro e novembro de 2025, através do portal oficial dos Centers for Disease Control and Prevention (CDC), onde se encontram disponibilizados os relatórios do programa FACE/NIOSH. A identificação dos casos foi efetuada mediante pesquisa e navegação pelas categorias temáticas relacionadas com acidentes na indústria da construção, nomeadamente *construction industry*, *work-related injuries*, *struck by*, *slips*, *falls*, *trips*, *falling objects* e *collapses*, tendo sido considerados relatórios publicados entre 1990 e 2024.

3.3.2 Amostra

A amostra da investigação é composta por 103 relatórios de acidentes fatais, selecionados a partir da base de dados do programa FACE/NIOSH. A seleção dos relatórios foi realizada com base em critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, considerando a relevância da informação disponível para os objetivos da investigação e a possibilidade de aplicação dos métodos de análise causal adotados.

Foram incluídos apenas relatórios que continham informação suficiente para permitir a reconstrução da sequência dos acontecimentos, a identificação das circunstâncias do acidente, dos fatores contributivos e das causas-raiz, bem como a aplicação consistente dos métodos dos 5 Porquês, RCA e Árvore de Causas. A suficiência da informação foi avaliada com base na presença cumulativa dos seguintes elementos: (i) descrição cronológica do acidente; (ii) caracterização da tarefa em execução; (iii) identificação das barreiras de segurança existentes ou ausentes; (iv) descrição dos fatores contributivos; e (v) apresentação de

recomendações preventivas pelos investigadores do programa FACE. Apenas os relatórios que continham estes elementos foram considerados elegíveis para integração na amostra.

A opção por analisar exclusivamente acidentes fatais fundamenta-se no facto de estes constituírem a manifestação mais severa das falhas dos sistemas de gestão da segurança, concentrando frequentemente múltiplos fatores técnicos, humanos, organizacionais e de gestão. Os relatórios produzidos pelo programa FACE/NIOSH apresentam um elevado nível de detalhe investigativo, permitindo reconstruir a sequência dos acontecimentos, identificar causas imediatas e causas-raiz, bem como analisar as recomendações preventivas propostas. Estas características tornam esta base documental particularmente adequada para análises causais aprofundadas, permitindo identificar padrões recorrentes de causalidade, avaliar a coerência entre causas e recomendações preventivas e extrair conhecimento orientado para a aprendizagem organizacional e para a prevenção de acidentes futuros (Duryan et al. 2020; Jacobsson et al. 2012).

A amostra de 103 relatórios foi considerada adequada por abranger uma elevada diversidade de tipologias de acidentes fatais, atividades construtivas, mecanismos de ocorrência e fatores contributivos, permitindo analisar padrões causais recorrentes e realizar comparações entre variáveis sem comprometer a profundidade da análise qualitativa dos casos.

A unidade de análise considerada na presente investigação corresponde ao acidente individual. Para cada relatório, foi efetuada uma extração sistemática de dados através de uma matriz estruturada desenvolvida especificamente para o estudo, assegurando a uniformidade na recolha, codificação, categorização e análise da informação, bem como a rastreabilidade de todas as etapas do processo analítico.

A utilização exclusiva de relatórios que cumpriam estes critérios poderá introduzir um viés de seleção, privilegiando acidentes cuja documentação apresentava maior detalhe descritivo. Esta limitação foi considerada na interpretação dos resultados e é retomada na secção dedicada às limitações da investigação.

3.4 Critérios de inclusão e exclusão

A definição dos critérios de inclusão e exclusão teve como objetivo assegurar a consistência metodológica da amostra e garantir que os relatórios selecionados contivessem informação suficiente para a realização das análises previstas no estudo.

A aplicação dos critérios de inclusão e exclusão permitiu assegurar que apenas relatórios contendo informação suficiente para a realização da análise causal e preventiva fossem integrados na investigação. A Figura 4 apresenta, de forma esquemática, o processo de seleção da amostra adotado no estudo.

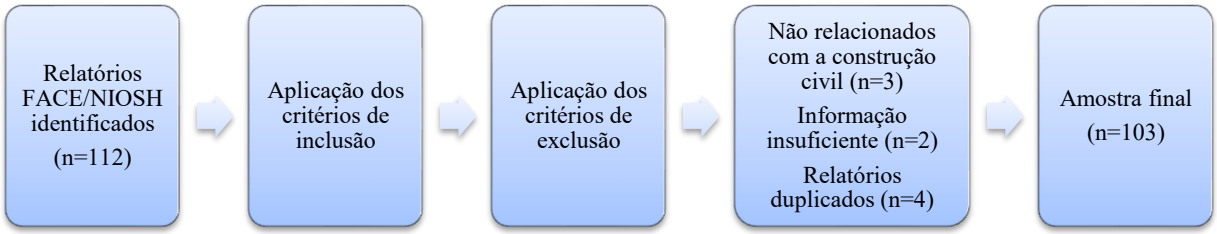


Figura 4 - Processo de seleção da amostra

Fonte: elaboração própria com base nos relatórios FACE/NIOSH.

3.4.1 Critérios de inclusão

Foram incluídos na investigação os relatórios que cumpriam cumulativamente os seguintes critérios:

- Relatórios provenientes do programa *Fatality Assessment and Control Evaluation* (FACE), desenvolvido pelo *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH);
- Relatórios relacionados com acidentes fatais ocorridos em atividades de construção civil;
- Relatórios contendo descrição cronológica dos acontecimentos que permitisse reconstruir a sequência causal do acidente;
- Relatórios que identificassem explicitamente a tarefa realizada, as condições de trabalho, os fatores contributivos e as circunstâncias da ocorrência;
- Relatórios que disponibilizassem informação documental suficiente para identificar causas imediatas, contributivas e raiz através da aplicação dos métodos dos 5 Porquês, RCA e Árvore de Causas;
- Relatórios com recomendações preventivas emitidos pelos investigadores.

A aplicação destes critérios permitiu selecionar acidentes com potencial significativo de aprendizagem organizacional e fornecer informação adequada para a análise aprofundada dos fatores causais envolvidos.

3.4.2 Critérios de exclusão

Foram excluídos da investigação os relatórios que apresentavam uma ou mais das seguintes características:

- Acidentes ocorridos fora do setor da construção civil;
- Relatórios com informação insuficiente para reconstrução da sequência do acidente;
- Relatórios que não permitiam identificar os fatores contributivos ou os mecanismos de ocorrência;
- Relatórios duplicados ou referentes ao mesmo evento;
- Relatórios incompletos que impossibilitassem a aplicação consistente dos métodos de análise causal;
- Casos em que não fosse possível reconstruir documentalmente a sequência causal do acidente com base nas informações constantes do relatório.

A aplicação destes critérios teve como finalidade aumentar a fiabilidade da análise, reduzir potenciais enviesamentos decorrentes de informação incompleta e assegurar a comparabilidade entre os diferentes casos estudados.

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, a amostra final consistiu em 103 relatórios de acidentes fatais, considerados adequados aos objetivos da investigação e à realização das análises qualitativas e quantitativas propostas.

3.5 Processo de recolha e extração dos dados

A recolha de dados foi realizada com base nos relatórios de investigação de acidentes disponibilizados pelo programa FACE, desenvolvido pelo NIOSH. Os relatórios selecionados constituíram a fonte primária de informação da investigação e foram analisados individualmente de forma sistemática e estruturada.

Com o objetivo de assegurar a uniformidade na recolha, organização e tratamento da informação, foi desenvolvida uma matriz de extração de dados no Microsoft Excel, concebida especificamente para a presente investigação. Esta matriz permitiu transformar informação predominantemente qualitativa, proveniente dos relatórios de acidentes, em variáveis estruturadas suscetíveis de análise qualitativa e quantitativa.

No total, a matriz integrou 45 variáveis, organizadas em diferentes dimensões analíticas, destinadas à caracterização dos acidentes, identificação dos fatores contributivos, análise causal e codificação das recomendações preventivas. As principais dimensões consideradas foram:

- Identificação do relatório;
- Caracterização temporal do acidente;
- Caracterização do acidente;
- Caracterização da atividade e do contexto operacional;
- Consequências do acidente;
- Documentação de segurança e condições da tarefa;
- Condições de trabalho;
- Supervisão e controlo operacional;
- Fatores técnicos;
- Fatores humanos;
- Fatores organizacionais;
- Análise causal (causas imediatas, contributivas e causas-raiz);
- Recomendações preventivas e aprendizagem organizacional.

Para todos os relatórios foram considerados obrigatórios os campos relativos à identificação do caso, caracterização do acidente, fatores contributivos, causas identificadas e recomendações preventivas, constituindo estes elementos a informação mínima necessária para a realização da análise causal e do tratamento estatístico subsequente.

A Tabela 6 apresenta uma síntese da estrutura das variáveis utilizadas na investigação, organizadas por grupos temáticos, tipo de variável e respetiva origem da informação. O *codebook* completo, contendo a definição operacional de cada variável, as categorias de codificação, as regras de classificação e os critérios para o tratamento de valores omissos, encontra-se disponível no Apêndice B, Tabela B.24, assegurando a transparência e a reprodutibilidade do processo de codificação.

Tabela 6 - Estrutura resumida das variáveis utilizadas na investigação

Grupo de variáveis	Variáveis	Tipo de variável	Fonte / Regra geral de codificação
Identificação do relatório	ID_relatorio, Fonte, Ano, Mês	Identificação / Categórica	Informação constante do relatório FACE/NIOSH
Caracterização temporal do acidente	Data do evento, Hora do evento, Turno	Data / Hora / Categórica	Informação constante do relatório FACE/NIOSH
Contexto operacional	País regulador, Projeto_obra, Disciplina, Fase da obra	Categórica nominal	Codificação baseada na descrição do acidente
Caracterização do acidente	Tipologia, Atividade desenvolvida, Agente causador, Mecanismo de lesão, Parte do corpo, Classificação	Categórica nominal	Codificação efetuada a partir da descrição factual do acidente
Consequências do acidente	Fatalidade	Categórica nominal	Todos os acidentes incluídos apresentavam desfecho fatal
Estado da tarefa e planeamento	Estado da tarefa, PTW, JSA, Método de trabalho, Desenhos da obra	Categórica nominal	Presença/ausência ou caracterização documental
Recursos e equipamentos	Equipamentos	Categórica nominal	Equipamentos envolvidos no acidente
Condições de trabalho	Condições meteorológicas, iluminação, piso e organização do espaço	Categórica nominal	Extração direta do relatório
Supervisão e controlo	Supervisão presente, Pessoa competente presente	Categórica nominal	Informação constante do relatório
Fatores comportamentais e operacionais	Ações inseguras, Desvios de procedimento	Categórica nominal	Codificação baseada na análise documental

Grupo de variáveis	Variáveis	Tipo de variável	Fonte / Regra geral de codificação
Condições inseguras	Condições inseguras	Categórica nominal	Codificação baseada na análise documental
Fatores humanos	Fatores humanos	Categórica nominal	Codificação baseada na análise documental
Fatores organizacionais	Fatores organizacionais	Categórica nominal	Codificação baseada na análise documental
Fatores técnicos	Fatores técnicos	Categórica nominal	Codificação baseada na análise documental
Análise causal	Causa imediata, Causa contributiva, Causa-raiz	Categórica nominal	Codificação baseada na análise documental
Informação complementar	Observações	Texto livre	Classificação efetuada através dos 5 Porquês, RCA e Árvore de Causas
Recomendações preventivas	Tipo, abordagem e prazo da recomendação	Categórica nominal	Codificação das recomendações constantes do relatório
Potencial preventivo	Índice de potencial preventivo	Ordinal	Classificação efetuada segundo os critérios definidos na investigação

O processo de extração foi realizado manualmente através da leitura integral de cada relatório, seguida do registo sistemático das informações consideradas relevantes para os objetivos da investigação. Para cada acidente, foram recolhidos dados relativos à caracterização do evento, às circunstâncias de ocorrência, à atividade desenvolvida, aos mecanismos de lesão, às consequências do acidente, às condições de trabalho, às barreiras de segurança, aos fatores técnicos, humanos e organizacionais, às causas identificadas e às recomendações preventivas.

Após a conclusão da fase de extração, todos os registos foram submetidos a um processo de verificação interna, com o objetivo de identificar inconsistências, omissões, duplicações ou eventuais erros de codificação. Sempre que necessário, procedeu-se à revisão do relatório original para validação da informação registada, assegurando a consistência, integridade e fiabilidade da base de dados.

A matriz de extração foi desenvolvida de forma iterativa ao longo da fase inicial da análise documental. À medida que os primeiros relatórios foram analisados, procedeu-se ao refinamento da estrutura de algumas

categorias e critérios de codificação, garantindo a sua consistência e aplicabilidade ao conjunto da amostra. Após a estabilização da matriz, todos os relatórios foram codificados utilizando a mesma versão final, assegurando a uniformidade do processo de análise.

O resultado deste processo consistiu numa base de dados estruturada, contendo informação detalhada dos 103 acidentes analisados, constituindo a base empírica para a aplicação dos métodos de análise causal, do tratamento estatístico, da avaliação da coerência causal-preventiva e da construção da matriz de aprendizagem organizacional desenvolvida na presente investigação.

A Figura 5 apresenta, de forma esquemática, o processo de recolha e extração de dados adotado no estudo.



Figura 5 - Processo de recolha, extração e organização dos dados adotado no estudo

3.6 Pipeline de tratamento e análise dos dados

Após a conclusão da fase de recolha e extração de dados, foi implementado um processo estruturado de tratamento e análise, concebido para garantir a consistência metodológica, a rastreabilidade e a reprodutibilidade dos resultados obtidos.

O pipeline de análise foi desenvolvido de forma sequencial, permitindo transformar informação qualitativa proveniente dos relatórios de investigação em conhecimento estruturado, passível de análise estatística e de interpretação causal.

As diferentes etapas do processo metodológico foram desenvolvidas de forma sequencial e integrada, permitindo transformar informação documental em conhecimento estruturado orientado para a prevenção. A Figura 6 apresenta o pipeline metodológico adotado na presente investigação.

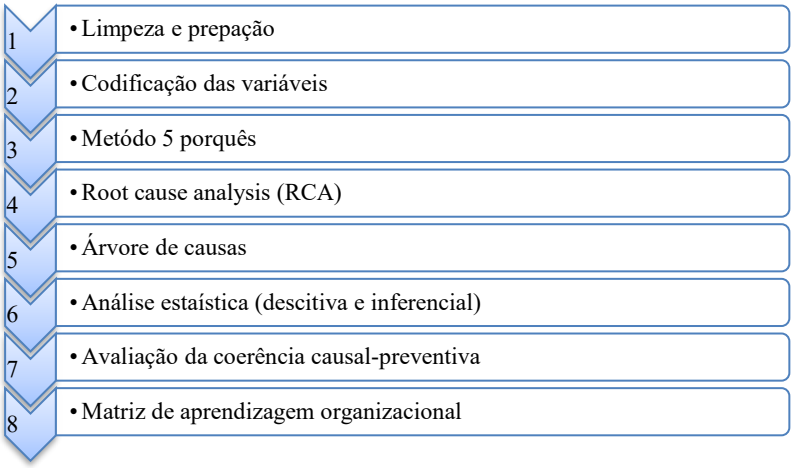


Figura 6 - Pipeline metodológico da investigação

3.6.1 Estruturação da base de dados

Numa primeira fase, os dados extraídos dos relatórios FACE/NIOSH foram organizados numa base de dados estruturada em formato tabular, permitindo a sistematização da informação recolhida para cada acidente.

Cada linha da base de dados correspondeu a uma unidade de análise, representando um acidente individual, enquanto as colunas corresponderam às variáveis previamente definidas na matriz de extração.

Esta etapa permitiu consolidar, num único repositório, toda a informação necessária à realização das análises subsequentes.

3.6.2 Limpeza e preparação dos dados

Posteriormente, procedeu-se à limpeza e à preparação da base de dados, com o objetivo de garantir a qualidade e a consistência da informação.

Nesta fase foram realizadas diversas operações, incluindo:

- Identificação e tratamento de valores em falta;
- Uniformização terminológica das categorias;
- Harmonização de nomenclaturas utilizadas nos relatórios;
- Eliminação de duplicações ou inconsistências;
- Verificação da coerência entre variáveis relacionadas;
- Conversão de variáveis qualitativas em categorias estruturadas.

Esta etapa constituiu um elemento fundamental para assegurar a fiabilidade dos resultados e minimizar potenciais erros decorrentes da heterogeneidade da informação original.

3.6.3 Codificação e transformação das variáveis

Dado que a maioria da informação disponível nos relatórios tinha natureza predominantemente qualitativa, foi necessário proceder à codificação sistemática dos dados.

As descrições narrativas dos acidentes foram analisadas e organizadas em categorias analíticas previamente definidas, o que permitiu identificar padrões recorrentes entre os diferentes casos.

A codificação incidiu particularmente sobre:

- Tipologia dos acidentes;
- Mecanismos de ocorrência;
- Fatores técnicos;
- Fatores humanos;
- Fatores organizacionais;
- Barreiras de segurança;
- Causas imediatas;
- Causas contributivas;
- Causas-raiz;
- Recomendações preventivas.

Para a análise descritiva, foram preservadas as categorias originais resultantes da codificação documental. Para as análises inferenciais, categorias com frequências muito reduzidas puderam ser agregadas apenas quando apresentavam proximidade conceptual e quando a manutenção da classificação original comprometia os pressupostos das tabelas de contingência. Os agrupamentos efetivamente realizados, bem como a respetiva justificação conceptual e estatística, foram registados para cada associação analisada.

3.6.4 Análise descritiva

Concluída a fase de preparação dos dados, procedeu-se à análise estatística descritiva.

Esta análise teve como objetivo caracterizar a amostra e identificar padrões gerais de ocorrência dos acidentes, através do cálculo de frequências absolutas, frequências relativas, percentagens e distribuições das variáveis analisadas.

A análise descritiva permitiu responder à questão fundamental: “o que aconteceu?”, fornecendo uma visão global dos acidentes estudados e dos fatores associados à sua ocorrência.

3.6.5 Análise inferencial e identificação de associações

Numa fase subsequente foi realizada uma análise inferencial exploratória, orientada para a identificação de associações entre variáveis.

Foram utilizadas tabelas de contingência e outras técnicas apropriadas para analisar relações entre fatores, nomeadamente:

- categoria do acidente × causa-raiz predominante;
- causa-raiz predominante × tipo de recomendação preventiva;
- barreira de segurança falhada × tipo de recomendação preventiva.

A associação entre a categoria do acidente e a barreira de segurança falhada foi analisada apenas de forma descritiva, uma vez que a definição das barreiras se encontrava diretamente relacionada com os mecanismos predominantes dos próprios acidentes.

Esta análise permitiu ultrapassar uma visão meramente descritiva dos dados e explorar padrões estruturais relevantes para a prevenção de acidentes.

Importa referir que, dada a natureza documental da investigação, os resultados inferenciais são interpretados numa perspetiva exploratória e analítica, não tendo como objetivo a generalização probabilística para outras populações.

3.6.6 Integração dos resultados

A fase final do pipeline consistiu na integração dos resultados obtidos através das análises qualitativas e quantitativas.

Esta integração permitiu relacionar os resultados estatísticos com os fatores causais identificados nos relatórios, servindo de base para a avaliação da coerência entre causas e recomendações e para a construção da matriz de aprendizagem organizacional proposta na investigação.

O pipeline metodológico adotado assegurou coerência entre todas as etapas da análise, permitindo transformar relatórios individuais de acidentes em conhecimento estruturado orientado para a prevenção e para a melhoria contínua dos sistemas de gestão da segurança.

3.7 Codificação das variáveis

A codificação das variáveis constituiu uma etapa fundamental da investigação, permitindo transformar informação predominantemente qualitativa, proveniente dos relatórios de investigação de acidentes, em dados estruturados suscetíveis de tratamento estatístico e análise comparativa.

Os relatórios FACE/NIOSH apresentam informação detalhada sob a forma de texto narrativo, incluindo descrições das circunstâncias dos acidentes, sequência dos acontecimentos, fatores contributivos, conclusões da investigação e recomendações preventivas. Embora esta informação seja extremamente rica do ponto de vista analítico, a sua utilização em estudos comparativos exige um processo prévio de sistematização e categorização.

Neste contexto, foi desenvolvido um sistema de codificação destinado a converter a informação textual em categorias analíticas consistentes, permitindo identificar padrões recorrentes entre os diferentes acidentes analisados.

3.7.1 Estrutura de codificação

A codificação dos dados teve como objetivo transformar a informação predominantemente qualitativa constante dos relatórios de investigação em categorias analíticas homogéneas, comparáveis entre os diferentes casos e passíveis de tratamento estatístico. Este processo permitiu estruturar a informação recolhida, assegurando consistência na classificação das variáveis e facilitando a identificação de padrões causais recorrentes.

A estratégia de codificação foi desenvolvida especificamente para a presente investigação, tendo por base os objetivos do estudo, a estrutura dos relatórios FACE/NIOSH e os princípios da investigação sistemática de acidentes descritos na literatura. A organização das categorias procurou assegurar coerência entre a evidência documental, os fatores técnicos, humanos e organizacionais, as barreiras de segurança, as causas identificadas e as recomendações preventivas, em conformidade com as abordagens propostas por Katsakiori et al. (2009), Underwood & Waterson (2019) e Duryan et al. (2020).

A codificação foi realizada manualmente para todos os 103 relatórios incluídos na amostra, sendo cada caso analisado individualmente. Sempre que necessário, procedeu-se à harmonização das categorias e à uniformização terminológica, de modo a garantir consistência entre os diferentes casos analisados. Este procedimento permitiu reduzir ambiguidades de classificação e assegurar a comparabilidade da informação ao longo de todo o processo de análise.

As categorias de codificação foram definidas de forma a preservar a rastreabilidade entre a informação constante dos relatórios originais e as variáveis utilizadas nas análises subsequentes. Deste modo, foi possível estabelecer uma ligação lógica entre as circunstâncias do acidente, os fatores contributivos, as causas imediatas, as causas contributivas, as causas-raiz e as recomendações preventivas, constituindo a base para a aplicação dos métodos de análise causal, da análise estatística e da avaliação da coerência causal-preventiva desenvolvidas na presente investigação.

3.7.2 Codificação das variáveis da investigação

A codificação das variáveis teve como objetivo transformar a informação predominantemente qualitativa constante dos relatórios de investigação em categorias analíticas homogéneas, permitindo a comparação entre acidentes e a realização de análises qualitativas, estatísticas e causais. A definição das categorias baseou-se na estrutura dos relatórios do programa *Fatality Assessment and Control Evaluation* (FACE/NIOSH), na literatura sobre investigação de acidentes e nos objetivos da presente investigação, privilegiando a consistência da classificação e a comparabilidade entre os diferentes casos (Katsakiori et al. 2009; Underwood & Waterson, 2019; Duryan et al. 2020).

As variáveis foram codificadas segundo diferentes dimensões analíticas, incluindo a caracterização temporal dos acidentes, a caracterização do contexto operacional, as condições de trabalho, a documentação de segurança, a supervisão, os fatores técnicos, humanos e organizacionais, bem como as causas identificadas e as recomendações preventivas. Sempre que diferentes designações descreviam situações equivalentes, procedeu-se à harmonização terminológica e ao respetivo agrupamento em categorias comuns, reduzindo a dispersão da informação e assegurando a uniformidade da codificação.

No âmbito da caracterização dos acidentes foram consideradas variáveis relativas à tipologia do acidente, atividade desenvolvida, disciplina, fase da obra, mecanismo de ocorrência, agente envolvido e consequências do acidente. Paralelamente, foram codificadas variáveis relacionadas com as condições de trabalho, a existência de documentação de segurança, a supervisão das atividades e os fatores técnicos, humanos e organizacionais identificados nos relatórios.

A informação relativa às barreiras de segurança foi analisada de forma integrada a partir das evidências constantes dos relatórios, permitindo identificar situações de ausência, insuficiência, degradação, contorno ou inadequação das medidas preventivas existentes. Esta abordagem possibilitou compreender de que forma as falhas nas barreiras de segurança contribuíram para a ocorrência dos acidentes e apoiou a interpretação das relações entre causas e recomendações preventivas.

A codificação destas variáveis permitiu caracterizar de forma sistemática os acidentes analisados e estabelecer relações entre o contexto operacional, os fatores contributivos, os mecanismos de ocorrência e as medidas preventivas propostas.

3.7.3 Codificação das causas

A identificação das causas constituiu uma das etapas centrais da presente investigação. Com base na informação constante dos relatórios FACE/NIOSH e na aplicação integrada dos métodos dos 5 Porquês, *Root Cause Analysis* (RCA) e Árvore de Causas, as causas foram classificadas segundo uma estrutura hierárquica de três níveis, permitindo assegurar coerência entre os diferentes níveis de causalidade e facilitar a comparação entre os acidentes analisados.

As causas imediatas correspondem aos acontecimentos ou condições diretamente associados à ocorrência do acidente. As causas contributivas correspondem aos fatores que influenciaram, favoreceram ou potenciaram a ocorrência das causas imediatas, incluindo aspetos técnicos, humanos e organizacionais. As causas-raiz correspondem aos fatores subjacentes de natureza organizacional, de gestão ou sistémica que explicam a génese do acidente e cuja eliminação ou controlo apresenta maior potencial preventivo.

Esta estrutura permitiu estabelecer uma rastreabilidade lógica entre as circunstâncias do acidente, os fatores contributivos e as causas profundas, constituindo a base para a análise causal integrada e para a avaliação da coerência entre as causas identificadas e as recomendações preventivas propostas.

3.7.4 Codificação das recomendações preventivas

As recomendações preventivas constantes dos relatórios FACE/NIOSH foram igualmente sujeitas a um processo de codificação sistemática, com o objetivo de analisar a natureza das medidas propostas e a sua correspondência com as causas identificadas.

Para cada recomendação foram considerados o tipo de intervenção proposta, a abordagem preventiva adotada, o horizonte temporal de implementação e o respetivo potencial preventivo. Esta estrutura permitiu

classificar as recomendações segundo diferentes dimensões analíticas e avaliar a sua capacidade para atuar sobre as causas imediatas, contributivas e causas-raiz identificadas durante a investigação.

A codificação das recomendações constituiu igualmente a base para a avaliação da coerência causal-preventiva desenvolvida no Capítulo 4, permitindo analisar em que medida as medidas propostas incidiam efetivamente sobre os fatores responsáveis pela ocorrência dos acidentes e identificar oportunidades de melhoria ao nível da aprendizagem organizacional.

3.7.5 Garantia da consistência da codificação

Com o objetivo de assegurar consistência metodológica, a codificação seguiu critérios previamente definidos e aplicados de forma uniforme a todos os relatórios analisados. A classificação das variáveis foi efetuada de forma sistemática e sequencial, respeitando a estrutura analítica previamente definida para a investigação.

Sempre que surgiam situações ambíguas ou suscetíveis de múltiplas interpretações, procedia-se à revisão integral do relatório original e à análise contextual da informação disponível, procurando garantir que a classificação atribuída refletia adequadamente as evidências documentadas. Quando necessário, procedeu-se igualmente à harmonização terminológica e à uniformização das categorias analíticas, reduzindo ambiguidades de classificação e assegurando comparabilidade entre os diferentes acidentes incluídos na amostra.

A codificação dos 103 relatórios foi integralmente realizada pelo investigador principal. Não foi efetuada dupla codificação independente, nem revisão sistemática dos casos por um segundo avaliador. Consequentemente, não foi possível estimar a concordância interavaliadores através do Kappa de Cohen, do alfa de Krippendorff ou de outro indicador equivalente. As regras de decisão, o protocolo de codificação, as revisões internas da base de dados e as análises de sensibilidade reforçaram a rastreabilidade e a coerência interna do procedimento, mas não substituem a avaliação independente da fiabilidade das classificações. Os resultados dependem, por isso, do julgamento analítico do investigador e devem ser interpretados como uma aplicação exploratória da taxonomia proposta.

3.8 Métodos de análise causal

A análise causal constitui um dos elementos centrais da presente investigação, permitindo compreender não apenas como os acidentes ocorreram, mas, sobretudo, por que ocorreram. Considerando a natureza complexa dos acidentes ocupacionais na construção civil, adotou-se uma abordagem integrada, baseada na aplicação complementar de três métodos de investigação amplamente utilizados na análise de acidentes: o método dos 5 Porquês, a *Root Cause Analysis* (RCA) e a Árvore de Causas.

A utilização combinada destes métodos permitiu aprofundar progressivamente a análise dos acidentes, estabelecendo uma ligação estruturada entre os acontecimentos observados, os fatores contributivos identificados e as causas organizacionais subjacentes. A aplicação prática destes métodos é ilustrada através

de exemplos apresentados no Apêndice A, permitindo demonstrar o procedimento metodológico adotado na análise dos acidentes incluídos na investigação.

3.8.1 Método dos 5 Porquês

O método dos 5 Porquês foi utilizado como ferramenta inicial para a exploração causal. Desenvolvido no contexto do Sistema de Produção Toyota, este método baseia-se na formulação sucessiva da pergunta "porquê?", permitindo aprofundar progressivamente a análise até à identificação das causas subjacentes ao problema observado (Ohno, 1988; Rooney & Heuvel, 2004).

Na presente investigação, o método foi aplicado aos 103 relatórios analisados, tendo como ponto de partida o evento acidental descrito em cada um deles. A partir da identificação do acontecimento principal, foram formuladas sucessivas questões causais até à identificação da causa mais profunda suportada pela evidência documental constante do relatório. Dependendo das evidências disponíveis, essa causa podia assumir natureza técnica, humana, organizacional, regulatória ou contextual, em função da evidência documental de cada relatório.

Importa referir que o número de iterações não foi rigidamente limitado a cinco perguntas. A cadeia de questões foi interrompida quando se atingiu um nível causal suficientemente fundamentado pela evidência documental disponível, ou quando a informação constante do relatório deixava de permitir aprofundar, de forma fundamentada, a análise causal.

A aplicação deste método permitiu estabelecer uma primeira aproximação às causas contributivas e causas-raiz presentes nos acidentes estudados. Os resultados obtidos através dos 5 Porquês constituíram a base para a aplicação do RCA, permitindo estruturar as causas identificadas segundo diferentes níveis de causalidade.

3.8.2 Root Cause Analysis (RCA)

O *Root Cause Analysis* (RCA) foi utilizado para aprofundar a identificação das causas-raiz dos acidentes. Trata-se de uma metodologia amplamente utilizada na investigação de acidentes, orientada para a identificação dos fatores subjacentes que contribuem para a ocorrência dos eventos, permitindo apoiar o desenvolvimento de medidas preventivas dirigidas às causas fundamentais e não apenas aos seus efeitos (Rooney & Heuvel, 2004; Katsakiori et al. 2009).

Este método parte do princípio de que os acidentes resultam da interação de múltiplos fatores e que a prevenção eficaz exige a identificação das causas subjacentes que permitiram a ocorrência do evento, em vez da simples correção das manifestações mais visíveis do problema.

Na presente investigação, o RCA foi aplicado após a análise inicial realizada através dos 5 Porquês. Para cada acidente foram identificadas:

- Causas imediatas;
- Causas contributivas;

- Causas-raiz.

As causas imediatas correspondem aos acontecimentos diretamente associados ao acidente. As causas contributivas são fatores que facilitaram ou influenciaram a ocorrência das causas imediatas. As causas-raiz correspondem aos fatores mais profundos identificados na cadeia causal, suportados pela evidência documental disponível e considerados determinantes para a ocorrência do acidente. Dependendo do caso analisado, estas causas puderam assumir natureza técnica, humana, organizacional, regulatória ou contextual.

Em diversos acidentes foram identificadas múltiplas causas contributivas e mais do que uma causa-raiz. Para efeitos de codificação e análise estatística, cada acidente foi classificado segundo a causa-raiz considerada predominante, entendida como o fator mais profundamente relacionado com a ocorrência do acidente e melhor suportado pela evidência documental constante do relatório FACE. Sempre que coexistiam várias causas-raiz com relevância semelhante, a seleção da causa predominante baseou-se na sua posição na cadeia causal e na influência exercida sobre os restantes fatores identificados, assegurando a utilização de uma única unidade de codificação por acidente nas análises estatísticas.

Esta abordagem permitiu distinguir claramente entre sintomas e fatores estruturais, contribuindo para uma compreensão mais abrangente dos mecanismos causais envolvidos. As causas identificadas através do RCA foram posteriormente utilizadas na construção da Árvore de Causas, permitindo validar a coerência das relações causais estabelecidas e reforçar a rastreabilidade da análise desenvolvida para cada acidente.

3.8.3 Árvore de Causas

Na presente investigação, a Árvore de Causas foi utilizada para apoiar a reconstrução causal dos acidentes e validar as relações identificadas através dos 5 Porquês e do RCA. Sempre que aplicável, foram representadas as ligações entre:

- Condições de trabalho;
- Ações realizadas;
- Falhas de barreiras de segurança;
- Fatores organizacionais;
- Evento acidental.

A Árvore de Causas foi utilizada como ferramenta complementar para reconstruir a sequência lógica dos acontecimentos e representar graficamente as relações entre os diferentes fatores identificados. Este método baseia-se na reconstrução sistemática da cadeia de acontecimentos que antecederam o acidente, permitindo identificar a interação entre fatores técnicos, humanos e organizacionais e evidenciar as relações de causalidade existentes entre eles (Leplat, 1978; Katsakiori et al. 2009).

Este método permite analisar os acidentes através da ligação sistemática entre acontecimentos, condições, decisões e falhas que contribuíram para a ocorrência do evento final. A construção da Árvore de Causas facilita a visualização das interações entre fatores técnicos, humanos e organizacionais, evidenciando a natureza multicausal dos acidentes.

A utilização deste método permitiu aumentar a rastreabilidade da análise e reforçar a consistência da interpretação causal. A representação gráfica das relações causais facilitou igualmente a verificação da coerência lógica entre as causas imediatas, as causas contributivas e as causas-raiz previamente identificadas, contribuindo para uma interpretação integrada dos acidentes analisados.

3.8.4 Integração dos métodos de análise causal

Embora cada método apresente características específicas, a presente investigação adotou uma abordagem integrada, explorando as complementaridades entre os três instrumentos de análise. A integração metodológica foi concebida de forma sequencial, permitindo que os resultados obtidos em cada etapa servissem de base para a etapa seguinte, assegurando uma análise progressivamente mais aprofundada e consistente dos acidentes investigados.

O método dos 5 Porquês permitiu aprofundar progressivamente a investigação das causas. O RCA contribuiu para estruturar a identificação das causas imediatas, contributivas e raiz. A Árvore de Causas permitiu representar e validar as relações existentes entre os diferentes fatores identificados.

A utilização combinada destes métodos proporcionou uma análise mais robusta dos acidentes estudados, reduzindo o risco de interpretações simplificadas e favorecendo a identificação de padrões sistémicos relevantes para a prevenção.

Os resultados obtidos através desta análise causal constituíram, posteriormente, a base para a avaliação da coerência entre as causas e as recomendações e para a construção da matriz de aprendizagem organizacional desenvolvida no âmbito da investigação.

A Figura 7 apresenta, de forma esquemática, a sequência metodológica seguida na aplicação integrada dos três métodos de análise causal. A aplicação prática desta metodologia é posteriormente ilustrada no Apêndice A, através de quatro exemplos desenvolvidos a partir de relatórios reais do programa FACE/NIOSH, representativos de diferentes mecanismos de acidentes fatais na construção civil.

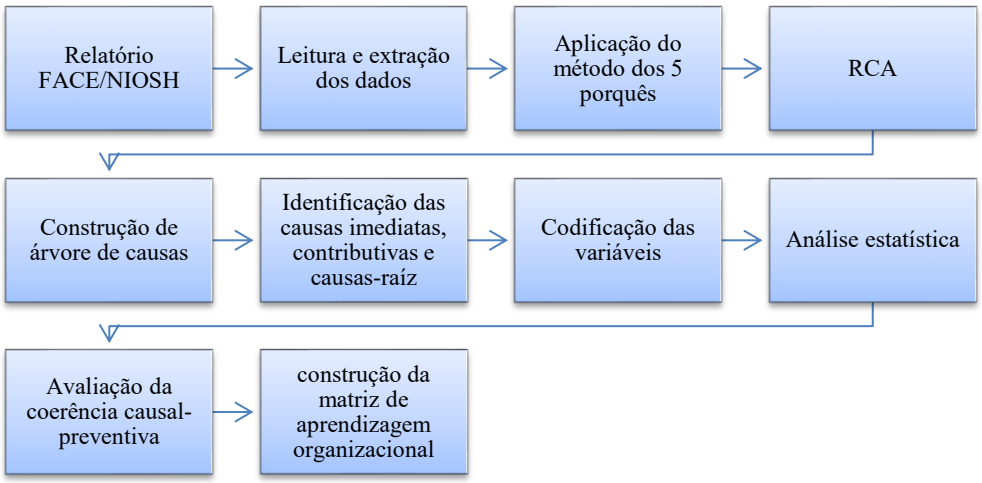


Figura 7 - Sequência metodológica da aplicação integrada dos métodos de análise causal utilizada na presente investigação.

3.8.5 Exemplificação da aplicação integrada dos métodos de análise causal

Com o objetivo de ilustrar a aplicação prática da metodologia adotada, apresentam-se no Apêndice A quatro exemplos de aplicação integrada dos métodos dos 5 Porquês, RCA e Árvore de Causas, desenvolvidos a partir de relatórios reais do programa *Fatality Assessment and Control Evaluation* (FACE/NIOSH).

Os casos selecionados representam diferentes mecanismos de acidentes fatais na construção civil, nomeadamente quedas em altura, eletrocussões, impacto por equipamentos móveis e colapso estrutural durante trabalhos de escavação. A seleção destes exemplos procurou demonstrar a aplicabilidade da metodologia a diferentes contextos operacionais e evidenciar a consistência da abordagem analítica utilizada ao longo da investigação.

De forma resumida, a Tabela 7 apresenta o contributo específico de cada método no processo de investigação adotado.

Tabela 7 - Aplicação integrada dos métodos de análise causal na presente investigação

Método	Objetivo na investigação	Resultado obtido
5 Porquês	Explorar progressivamente a cadeia causal do acidente.	Identificação progressiva das causas subjacentes suportadas pela evidência documental.
RCA	Estruturar a análise causal em diferentes níveis de causalidade.	Classificação das causas em imediatas, contributivas e causas-raiz.
Árvore de Causas	Representar e validar graficamente as relações entre acontecimentos e fatores contributivos.	Reconstrução lógica da sequência causal e validação das relações entre os diferentes fatores identificados.

Os exemplos completos da aplicação destes métodos encontram-se apresentados no Apêndice A, onde é demonstrado, para quatro acidentes representativos da amostra, o processo de aplicação sequencial dos 5 Porquês, do *Root Cause Analysis* (RCA) e da Árvore de Causas, desde a descrição do evento até à identificação das causas-raiz e respetiva síntese metodológica. O mesmo procedimento foi aplicado de forma sistemática aos 103 relatórios de acidentes fatais analisados na presente investigação.

Para assegurar a rastreabilidade da aplicação da metodologia ao conjunto da amostra, foi elaborada uma tabela auditável para os 103 acidentes, contendo, para cada caso, a identificação do relatório, um excerto factual representativo, a causa imediata, a causa contributiva, a causa operacionalmente definida como causa-raiz, a barreira de segurança falhada, a recomendação preventiva e a classificação da coerência causal-preventiva. Esta tabela encontra-se apresentada no Apêndice B Tabela B.25 permitindo estabelecer a correspondência entre a evidência documental original, as decisões de codificação e os resultados das análises causal e preventiva.

3.9 Análise estatística dos dados

Após a conclusão das fases de extração, preparação e codificação dos dados, procedeu-se à análise estatística da informação recolhida. Esta análise teve como objetivo identificar padrões de ocorrência de acidentes, caracterizar os fatores contributivos mais frequentes e explorar relações entre variáveis relevantes para a compreensão dos mecanismos causais e o desenvolvimento de estratégias preventivas.

A análise estatística foi estruturada em duas dimensões complementares: análise descritiva e análise inferencial exploratória.

A organização inicial da base de dados, a codificação das variáveis e a verificação da consistência da informação foram realizadas em Microsoft Excel. O tratamento estatístico foi efetuado com recurso ao IBM SPSS Statistics, versão 29.0.0.0, compilação 241, para macOS (IBM Corp., Armonk, NY, EUA). As análises incluíram o cálculo de frequências absolutas e relativas, a construção de tabelas de contingência, a aplicação do teste do qui-quadrado de Pearson e do teste exato de Fisher, a estimação da significância através de procedimentos de Monte Carlo, o cálculo do V de Cramér e da *odds ratio* e o ajustamento dos valores de *p* pelo método de Holm.

3.9.1 Estatística descritiva

A estatística descritiva foi utilizada para caracterizar a amostra de acidentes analisada e fornecer uma visão global dos fenómenos estudados.

Foram calculadas as frequências absolutas e relativas, as percentagens e as distribuições das variáveis consideradas relevantes para a investigação. Esta análise permitiu identificar os tipos de acidentes mais frequentes, os mecanismos predominantes de ocorrência, as principais causas e as características mais relevantes dos acidentes analisados.

A análise descritiva incidiu, entre outras, sobre as seguintes dimensões:

- Tipologia dos acidentes;
- Mecanismos de ocorrência;
- Fase da obra;
- Atividade desenvolvida no momento do acidente;
- Agente material envolvido no acidente;
- Fatores técnicos;
- Fatores humanos;
- Fatores organizacionais;
- Barreiras de segurança;
- Causas imediatas;
- Causas contributivas;
- Causas-raiz;
- Recomendações preventivas.

Importa referir que algumas variáveis analisadas admitiam respostas múltiplas, nomeadamente as relacionadas com fatores contributivos, barreiras de segurança, causas e recomendações preventivas. Nestes casos, um mesmo acidente podia estar associado a mais do que uma categoria de resposta, pelo que a soma das frequências observadas pode exceder o número total de acidentes incluídos na amostra. Assim, as frequências apresentadas para estas variáveis representam o número de ocorrências codificadas e não o número de acidentes, refletindo a natureza multicausal dos acidentes analisados.

Os resultados foram posteriormente apresentados através de tabelas de frequências, gráficos e indicadores estatísticos, permitindo uma interpretação clara e sistemática da informação.

A análise descritiva constituiu a primeira etapa da interpretação dos dados, permitindo responder à questão fundamental: "o que aconteceu?" e identificar os padrões mais relevantes presentes na amostra.

3.9.2 Estatística inferencial exploratória

Complementarmente à análise descritiva, foi realizada uma análise inferencial exploratória com o objetivo de investigar possíveis associações entre variáveis e identificar padrões relacionais relevantes para a prevenção de acidentes.

A análise incidiu sobre variáveis categóricas, recorrendo a tabelas de contingência e a testes de associação adequados à dimensão das tabelas e à distribuição das frequências esperadas.

O acidente constituiu a unidade estatística independente. A categoria analítica do acidente foi tratada como uma variável categórica mutuamente exclusiva, tendo sido atribuído um único enquadramento a cada um dos 103 casos. As causas-raiz, as barreiras de segurança e os tipos de recomendação, por admitirem múltiplos códigos num mesmo acidente, foram transformados em indicadores binários de presença ou ausência, nos quais 1 representava a presença da categoria e 0 a sua ausência. Deste modo, cada acidente contribuiu apenas uma vez para cada tabela de contingência analisada.

Foram exploradas as seguintes associações:

- categoria do acidente × domínio da causa-raiz;
- barreira de segurança falhada × tipo de recomendação;
- domínio da causa-raiz × tipo de recomendação.

Importa salientar que, atendendo à natureza documental da investigação e ao processo de seleção da amostra, os resultados inferenciais foram interpretados numa perspetiva exploratória e analítica. O objetivo não consistiu na generalização estatística para uma população mais ampla, mas na identificação de padrões e relações relevantes na amostra e nas categorizações utilizadas.

3.9.3 Teste do Qui-Quadrado de Independência

O teste do qui-quadrado de independência foi utilizado para avaliar a existência de associação entre duas variáveis categóricas.

Para cada associação analisada foram formuladas hipóteses específicas, considerando como hipótese nula (H_0) a inexistência de associação estatisticamente significativa entre as variáveis e como hipótese alternativa (H_1) a existência dessa associação.

Por exemplo, para a associação entre categoria do acidente e causa-raiz foram consideradas as seguintes hipóteses:

- H_0: A distribuição das categorias de causa-raiz é independente da categoria do acidente.
- H_1: A distribuição das categorias de causa-raiz depende da categoria do acidente.

O mesmo princípio foi aplicado às restantes associações analisadas.

A estatística do teste é calculada através da seguinte expressão:

$$\chi^2 = \Sigma\,[(O - E)^2 / E]. \qquad \textbf{Equação 1} \text{ - Teste qui-quadrado de Pearson}$$

Onde:

I. **O** representa a frequência observada;
II. **E** representa a frequência esperada.

As frequências esperadas são obtidas através da seguinte expressão:

$$E_{ij} = (\text{Total da linha}_i \times \text{Total da coluna}_j) / \text{Total geral}. \qquad \textbf{Equação 2 -} \text{ fórmula para frequência esperada}$$

Os graus de liberdade do teste são calculados através da expressão:

$$gl = (r - 1)(c - 1). \qquad \textbf{Equação 3 -} \text{ Fórmula do grau de liberdade para tabelas de contingência}$$

Onde:

- **r** corresponde ao número de linhas da tabela de contingência;
- **c** corresponde ao número de colunas da tabela de contingência.

O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$).

Assim:

- **p < 0,05** indica associação estatisticamente significativa;
- **p ≥ 0,05** indica ausência de evidência suficiente para afirmar a existência de associação.

Antes da interpretação dos resultados, foram verificados os pressupostos de aplicação do teste do qui-quadrado, nomeadamente a independência das observações e a adequação das frequências esperadas nas células das tabelas de contingência. Considerou-se comprometida a aproximação assintótica quando mais de 20% das células apresentavam frequências esperadas inferiores a 5 ou quando existia pelo menos uma célula com frequência esperada inferior a 1.

Quando os pressupostos foram cumpridos, foi aplicado o teste do qui-quadrado de Pearson. Nas tabelas de dimensão 2 × 2, quando pelo menos uma frequência esperada era inferior a 5, foi utilizado o teste exato de Fisher. Nas tabelas de maior dimensão com elevado número de frequências esperadas inferiores a 5, a significância foi determinada através de um procedimento de Monte Carlo baseado em 50 000 permutações, preservando as margens das tabelas.

Para as tabelas de maior dimensão, foram igualmente examinadas as frequências observadas e esperadas, os resíduos ajustados e a contribuição de cada célula para o valor do qui-quadrado. Nos conjuntos constituídos por múltiplos testes, os valores de *p* foram ajustados através do método de Holm, de modo a controlar o aumento da probabilidade de erro do tipo I. A decisão estatística foi tomada com base nos valores de *p* ajustados, adotando-se um nível de significância de 5%.

3.9.4 Coeficiente V de Cramér

Sempre que aplicável, a força das associações identificadas foi avaliada através do coeficiente V de Cramér.

O coeficiente é calculado através da seguinte expressão:

$$V = \sqrt{[\ \chi^2 / n(k-1)\ ]}.$$ **Equação 4** - Fórmula do coeficiente V de Cramér

onde:

- χ^2 representa o valor do qui-quadrado;
- **n** representa o número total de observações;
- **k** corresponde ao menor número entre as linhas e as colunas da tabela de contingência.

A interpretação do coeficiente V de Cramér seguiu os critérios de referência apresentados na Tabela 8, adaptados de Akoglu (2018), utilizados como orientação para a avaliação da intensidade da associação entre variáveis categóricas. Importa, contudo, salientar que estes limiares não constituem critérios universais, devendo a sua interpretação considerar igualmente a dimensão das tabelas de contingência, a distribuição das frequências observadas e o contexto analítico da investigação.

Tabela 8 - Critérios de referência para a interpretação do coeficiente V de Cramér (adaptado de Akoglu, 2018)

Valor de V	Interpretação
< 0.10	Associação muito fraca

Valor de V	Interpretação
0.10 – 0.30	Associação fraca
0.30 – 0.50	Associação moderada
> 0,50	Associação forte

interpretação do coeficiente V de Cramér foi utilizada como medida da intensidade da associação entre variáveis categóricas, complementando os resultados do teste do qui-quadrado. Em consonância com Akoglu (2018), os limiares apresentados foram interpretados como valores de referência e não como critérios absolutos, devendo a magnitude da associação ser analisada em conjunto com a estrutura das tabelas de contingência, a distribuição das frequências e o enquadramento da investigação. Assim, o coeficiente não foi interpretado isoladamente nem constitui, por si só, evidência de relação causal entre as variáveis analisadas.

Nas tabelas de contingência de maior dimensão, a intensidade da associação foi descrita através do coeficiente V de Cramér. Os respetivos valores foram interpretados como medidas descritivas da dimensão do efeito e não como evidência de causalidade.

Nas tabelas 2 × 2, a dimensão do efeito foi expressa através da *odds ratio* (OR) e do respetivo intervalo de confiança de 95%. Valores de OR superiores a 1 indicaram maior possibilidade de presença da recomendação na presença da barreira ou causa analisada, enquanto valores inferiores a 1 indicaram uma associação inversa. A interpretação considerou simultaneamente a magnitude da OR, o intervalo de confiança e o valor de *p* ajustado.

3.9.5 Associações analisadas

Com base nos objetivos da investigação e na estrutura da base de dados, foram analisadas três famílias de associações.

a. Categoria do acidente × domínio da causa-raiz

Esta análise teve como objetivo verificar se a presença dos domínios organizacional, técnico/sistémico e regulatório/contratual variava entre as categorias de acidentes. Foram realizadas três análises em tabelas de dimensão 8 × 2, uma para cada domínio causal. Devido ao elevado número de células com frequências esperadas inferiores a 5, a significância foi determinada através de 50 000 permutações de Monte Carlo. Os três valores de *p* foram ajustados pelo método de Holm e a dimensão do efeito foi avaliada através do V de Cramér.

b. Barreira de segurança falhada × tipo de recomendação

Esta análise teve como objetivo avaliar se as recomendações constantes dos relatórios estavam associadas às barreiras de segurança identificadas. Foram considerados 16 tipos de barreira e seis categorias de recomendação, correspondendo a 96 tabelas de dimensão 2 × 2. Foi aplicado o teste do qui-quadrado

quando as frequências esperadas cumpriam os pressupostos e o teste exato de Fisher quando pelo menos uma frequência esperada era inferior a 5. Os valores de *p* foram ajustados pelo método de Holm para as 96 comparações e a dimensão do efeito foi expressa através da *odds ratio* e do respetivo intervalo de confiança de 95%.

c. Domínio da causa-raiz × tipo de recomendação

Esta análise procurou avaliar o alinhamento entre os três domínios de causas-raiz e as seis categorias de recomendação, correspondendo a 18 tabelas de dimensão 2 × 2. O teste do qui-quadrado foi utilizado quando os pressupostos foram cumpridos e, nos restantes casos, foi aplicado o teste exato de Fisher. Os valores de *p* foram ajustados pelo método de Holm para as 18 comparações.

A associação entre a categoria do acidente e a barreira de segurança falhada foi analisada apenas de forma descritiva, uma vez que a classificação das barreiras se encontrava diretamente relacionada com os mecanismos e as condições de ocorrência dos acidentes.

3.9.6 Integração da análise estatística com a análise causal

Os resultados estatísticos não foram analisados isoladamente. Pelo contrário, foram integrados com os resultados obtidos através da análise causal dos acidentes.

Esta integração permitiu relacionar padrões estatísticos com fatores técnicos, humanos e organizacionais identificados nos relatórios, contribuindo para uma compreensão mais abrangente dos mecanismos de acidente.

A articulação entre análise quantitativa e análise causal possibilitou não apenas identificar quais são os fatores mais frequentes, mas também compreender como esses fatores interagem e contribuem para a ocorrência de acidentes.

Os resultados desta etapa constituíram a base para a análise da coerência entre as causas identificadas e as recomendações propostas, bem como para a construção da matriz de aprendizagem organizacional desenvolvida na fase final da investigação.

3.10 Avaliação da coerência causal-preventiva

Uma das componentes centrais da presente investigação consiste na avaliação da coerência entre as causas identificadas na investigação dos acidentes e as recomendações preventivas propostas nos respetivos relatórios.

A literatura demonstra que a eficácia preventiva da investigação de acidentes não depende apenas da capacidade de identificar fatores contributivos e causas-raiz, mas também da implementação de medidas corretivas adequadamente alinhadas com os fatores causais identificados. Neste contexto, a existência de recomendações desajustadas ou insuficientemente relacionadas com as causas dos acidentes pode comprometer o potencial preventivo da investigação e limitar a aprendizagem organizacional.

Considerando esta problemática, foi desenvolvida uma análise específica para avaliar a relação entre o diagnóstico causal e a intervenção preventiva nos acidentes estudados.

A grelha de coerência causal-preventiva foi desenvolvida especificamente no âmbito da presente investigação e aplicada pelo mesmo investigador que construiu as categorias analíticas e codificou os relatórios. Não foi submetida a validação de conteúdo por especialistas, validação de constructo ou teste independente de fiabilidade. A sua aplicação deve, portanto, ser entendida como um procedimento exploratório de comparação documental entre causas, barreiras e recomendações, e não como um instrumento validado de avaliação da qualidade ou da eficácia preventiva das investigações.

3.10.1 Princípio da análise

A análise baseou-se no pressuposto de que uma recomendação preventiva eficaz deve atuar sobre os fatores causais que contribuíram para a ocorrência do acidente, privilegiando as causas-raiz identificadas durante a investigação.

Para cada relatório analisado, foram considerados os seguintes elementos:

- Evento acidental;
- Causas imediatas;
- Causas contributivas;
- Causas-raiz;
- Recomendações preventivas propostas.

Posteriormente, avaliou-se o grau de correspondência entre as recomendações e os fatores causais identificados.

A lógica de análise seguiu a seguinte sequência conforme apresentada na Figura 8:

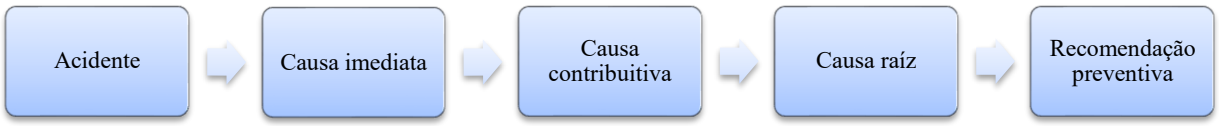


Figura 8 - Lógica de análise

Esta abordagem permitiu avaliar se as medidas propostas atuam efetivamente sobre os fatores que originaram o acidente ou se se limitam a abordar manifestações superficiais do problema.

3.10.2 Critérios de avaliação

A coerência causal-preventiva foi analisada através da comparação entre as causas-raiz identificadas e as recomendações constantes dos relatórios.

Para efeitos de análise, o alinhamento foi classificado em três níveis:

- **Alinhamento elevado**

Verifica-se quando a recomendação atua diretamente sobre a causa-raiz identificada, eliminando ou reduzindo significativamente o fator causal responsável pelo acidente.

Exemplos incluem:

- Revisão de processos de planeamento inadequados;
- Implementação de procedimentos específicos;
- Alterações organizacionais;
- Introdução de barreiras de engenharia.
- **Alinhamento parcial**

Verifica-se quando a recomendação aborda apenas parte do problema identificado ou atua sobre fatores secundários relacionados com a causa-raiz.

Nestes casos, a recomendação pode contribuir para a redução do risco, mas não elimina completamente os fatores que permitiram a ocorrência do acidente.

- **Desalinhamento**

Verifica-se quando a recomendação não apresenta relação direta com a causa-raiz identificada ou quando se limita a atuar sobre consequências visíveis do acidente sem abordar os fatores subjacentes.

Nestes casos, existe risco de repetição do acidente devido à permanência das condições organizacionais ou operacionais que originaram o evento.

Para garantir consistência na avaliação da relação entre causas identificadas e recomendações propostas, foram definidos critérios específicos de classificação do alinhamento causal-preventivo. A Tabela 9 apresenta os níveis de alinhamento considerados na investigação.

Tabela 9 - Critérios de avaliação da coerência causal-preventiva

Nível de alinhamento	Critério operacional	Exemplo de decisão
Elevado	A recomendação elimina ou reduz diretamente a causa-raiz identificada e reforça a barreira falhada.	Deficiência de planeamento → revisão do processo de planeamento.
Parcial	A recomendação aborda apenas parte dos fatores causais ou atua sobre fatores associados.	Formação adicional quando a causa-raiz é supervisão deficiente.
Desalinhamento	A recomendação não apresenta relação direta com a causa-raiz nem com a barreira falhada.	Reforço do uso de EPI quando a causa-raiz é falha de projeto.

A classificação do nível de alinhamento foi realizada mediante a aplicação sistemática dos critérios apresentados na Tabela 9. Para cada acidente, procedeu-se à comparação entre a causa-raiz identificada, a barreira de segurança cuja falha contribuiu para a ocorrência do acidente e as recomendações preventivas constantes do respetivo relatório FACE. A classificação foi fundamentada na evidência documental disponível em cada caso e efetuada de acordo com os critérios operacionais previamente definidos, procurando assegurar a uniformidade da avaliação ao longo de toda a amostra. Embora estes critérios tenham sido definidos previamente e aplicados de forma sistemática, a avaliação foi realizada por um único investigador, constituindo esta uma limitação metodológica que deve ser considerada na interpretação dos resultados.

3.10.3 Análise da cadeia causal - preventiva

Para além da avaliação individual das recomendações, foi analisada a cadeia causal-preventiva como um todo, com o objetivo de compreender como os diferentes níveis de causalidade se relacionam com as medidas propostas.

Esta análise permitiu identificar:

I. Causas-raiz recorrentes;
II. Tipos de recomendações mais frequentemente utilizados;
III. Relações entre causas e medidas preventivas;
IV. Lacunas existentes entre o diagnóstico e a intervenção.

A análise da cadeia causal-preventiva possibilitou, ainda, verificar se determinadas categorias de acidentes tendem a apresentar padrões específicos de desalinhamento entre as causas e as recomendações.

3.10.4 Contributo para a aprendizagem organizacional

Os resultados obtidos nesta fase constituem a base para a construção da matriz de aprendizagem organizacional desenvolvida no âmbito da investigação.

Ao identificar relações consistentes entre tipos de acidentes, causas-raiz, falhas de barreiras e medidas preventivas, torna-se possível transformar a experiência acumulada a partir dos acidentes analisados em conhecimento estruturado, orientado para a prevenção.

Desta forma, a investigação ultrapassa a simples identificação de fatores causais, procurando contribuir para o desenvolvimento de mecanismos de aprendizagem organizacional capazes de apoiar futuras decisões de gestão da segurança e de planeamento preventivo.

A avaliação da coerência causal-preventiva constitui, assim, um elemento fundamental da presente investigação, permitindo analisar não apenas por que ocorreram os acidentes, mas também em que medida as respostas propostas têm potencial efetivo para evitar a sua repetição.

3.11 Construção da matriz de aprendizagem organizacional

A fase final da metodologia consistiu na construção de uma matriz de aprendizagem organizacional, baseada nos resultados obtidos através da análise dos acidentes estudados.

A elaboração desta matriz partiu do princípio de que a investigação de acidentes apenas produz valor preventivo efetivo quando o conhecimento gerado é transformado em ações concretas de prevenção e incorporado nos processos organizacionais de gestão da segurança. Neste contexto, procurou-se desenvolver uma proposta de matriz de aprendizagem organizacional destinada a sistematizar as principais lições aprendidas a partir dos acidentes analisados e facilitar a sua utilização em futuras atividades de planeamento preventivo.

A matriz foi construída a partir da integração dos resultados obtidos nas diferentes etapas da investigação, nomeadamente:

- Caracterização dos acidentes;
- Identificação dos fatores contributivos;
- Análise das barreiras de segurança;
- Determinação das causas imediatas;
- Identificação das causas contributivas;
- Determinação das causas-raiz;
- Avaliação das recomendações preventivas;
- Análise da coerência causal-preventiva.

Esta integração permitiu estabelecer relações sistemáticas entre os diferentes elementos identificados ao longo da investigação.

3.11.1 Estrutura da matriz

A matriz de aprendizagem organizacional foi concebida como uma proposta conceptual de ferramenta de apoio à prevenção, organizada segundo uma lógica causal-preventiva.

Para cada categoria de acidente foram registados:

- Tipo de acidente;
- Mecanismo de ocorrência;
- Barreiras de segurança falhadas;
- Causas-raiz predominantes;
- Recomendações existentes;
- Medidas preventivas recomendadas.

Esta estrutura procura relacionar os acidentes observados com os fatores que contribuíram para a sua ocorrência e com as ações preventivas consideradas potencialmente adequadas para reduzir a probabilidade de repetição de eventos semelhantes.

3.11.2 Processo de construção

A construção da matriz foi realizada através da análise comparativa dos 103 relatórios incluídos na amostra.

Inicialmente, foram identificados os padrões de acidentes mais frequentes e respetivas causas-raiz. Posteriormente, procedeu-se à análise das recomendações propostas nos relatórios, avaliando a sua adequação face aos fatores causais identificados.

A partir desta análise, foram sistematizadas medidas preventivas alinhadas às causas observadas, o que permitiu estabelecer uma ligação estruturada entre a aprendizagem e a prevenção.

Este processo permitiu identificar padrões recorrentes, tanto ao nível das causas dos acidentes como das medidas necessárias para controlar os riscos associados.

A matriz resultante constitui um protótipo conceptual elaborado a partir dos padrões identificados nos relatórios FACE/NIOSH. A sua estrutura, categorias, indicadores e metas não foram avaliados por painel de especialistas, nem testados através de aplicação-piloto em contexto organizacional. Não foram igualmente avaliadas a clareza dos campos, a disponibilidade da informação necessária, o tempo de preenchimento, a concordância entre utilizadores, a usabilidade ou a exequibilidade operacional. Assim, a matriz não deve ser apresentada como ferramenta validada, mas como proposta metodológica sujeita a desenvolvimento e validação posteriores.

3.11.3 Finalidade da matriz

A matriz desenvolvida não pretende substituir os processos formais de investigação de acidentes, mas sim complementar esses processos através da sistematização das aprendizagens obtidas.

A sua principal finalidade consiste em apoiar:

I. planeamento preventivo;
II. A gestão dos riscos ocupacionais;
III. A definição de medidas de controlo;
IV. A elaboração de procedimentos de trabalho;
V. A formação e sensibilização dos trabalhadores;
VI. A tomada de decisão em matéria de segurança.

Ao procurar relacionar acidentes anteriores com medidas preventivas específicas, a matriz constitui uma proposta conceptual de apoio à aprendizagem organizacional, cuja potencial aplicação deverá ser objeto de validação em estudos futuros.

3.11.4 Contributo metodológico

A incorporação da matriz de aprendizagem organizacional constitui um dos contributos metodológicos da presente investigação.

Enquanto a maioria das abordagens tradicionais de investigação de acidentes termina na identificação das causas e na emissão de recomendações individuais, a metodologia adotada procura estabelecer uma ligação estruturada entre a experiência passada e a prevenção futura.

Desta forma, os acidentes analisados deixam de ser encarados apenas como eventos isolados e passam a constituir uma fonte sistemática de conhecimento organizacional, permitindo transformar informação histórica em suporte à tomada de decisão preventiva.

A matriz resultante da investigação será apresentada e discutida no capítulo dos resultados como uma proposta conceptual construída a partir da análise dos acidentes estudados, evidenciando os principais padrões identificados. A sua potencial aplicação em contexto organizacional deverá, contudo, ser objeto de validação em estudos futuros.

3.11.5 Considerações éticas

A presente investigação utilizou exclusivamente relatórios de acidentes disponibilizados publicamente pelo programa FACE/NIOSH e previamente anonimizados, não envolvendo contacto com participantes, intervenção, recolha de dados pessoais identificáveis ou acesso a informação clínica ou laboral reservada. Com base nestas características, considerou-se que o estudo apresentava risco ético reduzido e que não exigia consentimento informado. Contudo, não foi obtido parecer formal de uma comissão de ética, declaração institucional de não aplicabilidade ou confirmação documental de dispensa. Esta ausência deve ser reconhecida como limitação formal do enquadramento ético do estudo, sem prejuízo dos cuidados adotados quanto à utilização responsável, fiel e não estigmatizante da informação pública.

Apesar do caráter público da informação utilizada, foram adotados princípios de rigor científico, confidencialidade e uso responsável dos dados ao longo de todo o processo de investigação. A análise dos relatórios foi conduzida exclusivamente para fins académicos e científicos, respeitando a integridade da informação original e procurando assegurar a fidelidade na interpretação dos acontecimentos descritos.

Adicionalmente, a investigação privilegiou uma abordagem orientada para a aprendizagem organizacional e para a prevenção de acidentes, evitando qualquer perspetiva centrada na atribuição de culpa individual. Esta opção metodológica encontra-se alinhada com os princípios contemporâneos da investigação de acidentes, que reconhecem a natureza multicausal dos eventos e a importância da identificação de fatores sistémicos e organizacionais para a melhoria da segurança.

Todas as etapas da investigação foram desenvolvidas de acordo com os princípios da honestidade científica, da transparência metodológica, da rastreabilidade dos resultados e da utilização ética da informação, procurando assegurar a validade e a credibilidade dos resultados obtidos.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização geral da amostra

A amostra analisada foi constituída por 103 relatórios de acidentes fatais obtidos através do programa FACE, desenvolvido pelo NIOSH. Os acidentes selecionados ocorreram em diferentes atividades da construção civil e envolveram múltiplos mecanismos de ocorrência, contextos operacionais e fatores causais.

De forma a facilitar a análise dos resultados e permitir a identificação de padrões consistentes, as tipologias específicas dos acidentes registadas na matriz de extração foram agrupadas em categorias analíticas mais abrangentes, definidas com base no mecanismo predominante de perda de controlo que levou ao evento acidental.

A Tabela 10 apresenta as categorias analíticas adotadas para a classificação dos acidentes analisados. A classificação individual dos 103 acidentes pelas respetivas categorias analíticas encontra-se apresentada na Tabela B.1 do Apêndice B.

Tabela 10 - Categorias analíticas utilizadas na classificação dos acidentes

Categoria analítica	Descrição
Quedas em altura	Acidentes resultantes da perda de equilíbrio ou suporte em coberturas, claraboias, andaimes, escadas, plataformas, poços, aberturas e outras superfícies elevadas
Colapsos estruturais	Acidentes decorrentes do colapso total ou parcial de estruturas permanentes ou temporárias, incluindo cofragens, escoramentos, estruturas metálicas, paredes, pontes e elementos pré-fabricados
Escavações e valas	Acidentes associados ao colapso de escavações, soterramentos ou instabilidade de estruturas adjacentes provocada por trabalhos de escavação
Equipamentos móveis e maquinaria	Acidentes envolvendo escavadoras, bulldozers, empilhadores, skid-steers, plataformas elevatórias e outros equipamentos móveis de construção
Objetos, cargas e materiais	Acidentes provocados por queda, deslocamento ou movimentação não controlada de materiais, componentes estruturais ou cargas suspensas
Interação veículo-trabalhador	Acidentes resultantes da interação entre trabalhadores e veículos em circulação em zonas de construção ou operações rodoviárias
Eletricidade	Acidentes relacionados com contacto direto ou indireto com fontes de energia elétrica, incluindo linhas aéreas e equipamentos energizados

Categoria analítica	Descrição
Libertação de energia perigosa	Acidentes associados à libertação não controlada de energia mecânica, hidráulica, pneumática, gravítica ou pressurizada

Nos acidentes em que estavam presentes múltiplos mecanismos de ocorrência, foi atribuída apenas uma categoria analítica principal, evitando a dupla contabilização do mesmo caso. A decisão seguiu uma hierarquia de classificação: inicialmente, identificou-se o evento que desencadeou a sequência acidental; em seguida, determinou-se o equipamento, a estrutura, o elemento ou a fonte de energia cuja perda de controlo originou esse evento; por último, distinguiu-se o mecanismo iniciador dos mecanismos secundários e da forma final de lesão. Os mecanismos secundários foram considerados na análise dos fatores contributivos, das causas e das barreiras falhadas, mas não determinaram a categoria analítica principal.

Por exemplo, quando o tombamento de uma plataforma elevatória antecedeu a queda do trabalhador, o caso foi classificado na categoria equipamentos móveis e maquinaria, por ter sido a perda de estabilidade do equipamento a iniciar a sequência acidental. Quando o equipamento permaneceu estável e ocorreu diretamente a perda de equilíbrio ou de suporte do trabalhador, o caso foi classificado como queda em altura. Do mesmo modo, quando uma escada entrou em contacto com uma linha elétrica energizada, provocando a eletrocussão do trabalhador, o acidente foi classificado na categoria eletricidade, ainda que posteriormente tivesse ocorrido uma queda.

Nos acidentes associados a escavações, a categoria escavações e valas foi atribuída quando a instabilidade ou remoção do terreno constituiu o evento iniciador, mesmo quando esse processo originou posteriormente o colapso de uma estrutura adjacente. A categoria colapsos estruturais foi aplicada quando a sequência acidental teve origem na perda de estabilidade da própria estrutura. Quando dois mecanismos permaneciam igualmente plausíveis, privilegiou-se, como regra de desempate, o mecanismo mais diretamente sustentado pela sequência cronológica, pela causa imediata e pelas evidências documentais constantes do relatório.

A adoção destas categorias permitiu consolidar tipologias específicas de acidentes em grupos analíticos mais homogéneos, favorecendo a identificação de padrões recorrentes e a análise dos fatores técnicos, humanos e organizacionais associados aos eventos estudados.

Esta classificação constituiu a base para a organização da amostra e para as análises descritivas e inferenciais apresentadas nas secções seguintes.

4.1.1 Distribuição dos acidentes por categoria analítica

Após o agrupamento das tipologias específicas dos acidentes nas categorias analíticas definidas na Tabela 10, procedeu-se à análise da distribuição dos acidentes em função do mecanismo predominante de ocorrência, conforme apresentado na Figura 9.

Esta abordagem permitiu reduzir a dispersão associada às tipologias específicas e identificar os principais padrões de perda de controlo observados nos acidentes fatais analisados.

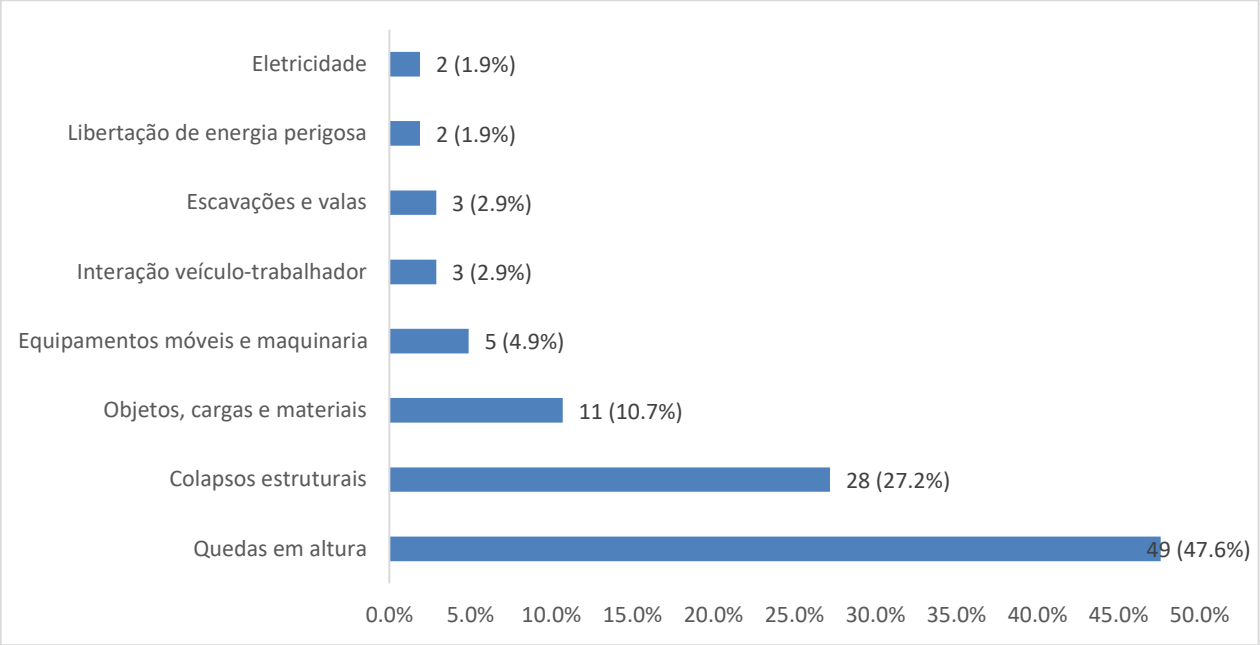


Figura 9 - Distribuição dos acidentes por categoria analítica (%)

Os resultados demonstram que as quedas em altura constituíram a principal categoria de acidentes analisada, representando 47,6% da amostra. Esta categoria incluiu acidentes ocorridos em coberturas, claraboias, andaimes, escadas, plataformas de trabalho, aberturas verticais e outras superfícies elevadas.

Os colapsos estruturais corresponderam à segunda categoria mais frequente, representando 27,2% dos acidentes. Nesta categoria foram incluídos colapsos de estruturas metálicas, cofragens, escoramentos, pontes, andaimes, paredes, elementos pré-fabricados e outras estruturas temporárias ou permanentes em fase de construção, montagem ou demolição.

A categoria relativa a objetos, cargas e materiais representou 10,7% dos acidentes, abrangendo situações de impacto por objetos em movimento, cargas suspensas, deslocamentos de elementos estruturais e esmagamentos provocados por materiais.

As restantes categorias apresentaram frequências inferiores a 5%, incluindo acidentes envolvendo equipamentos móveis e maquinaria (4,9%), interação veículo-trabalhador (2,9%), escavações e valas (2,9%), libertação de energia perigosa (1,9%) e eletricidade (1,9%).

De forma agregada, verifica-se que aproximadamente três quartos dos acidentes analisados (74,8%) resultaram de quedas em altura ou colapsos estruturais, evidenciando a relevância destes mecanismos para a ocorrência de acidentes fatais na construção civil.

4.1.2 Distribuição dos acidentes por fase da obra

A análise da fase da obra em que ocorreram os acidentes permite compreender em que momentos do ciclo construtivo os trabalhadores estiveram mais expostos aos riscos que resultaram em eventos fatais.

Para este efeito, foram consideradas as fases de obra registadas na matriz de extração de dados, abrangendo as atividades de execução, montagem, desmontagem, manutenção, operação e demolição. A Figura 10 apresenta a distribuição dos acidentes por fase da obra.

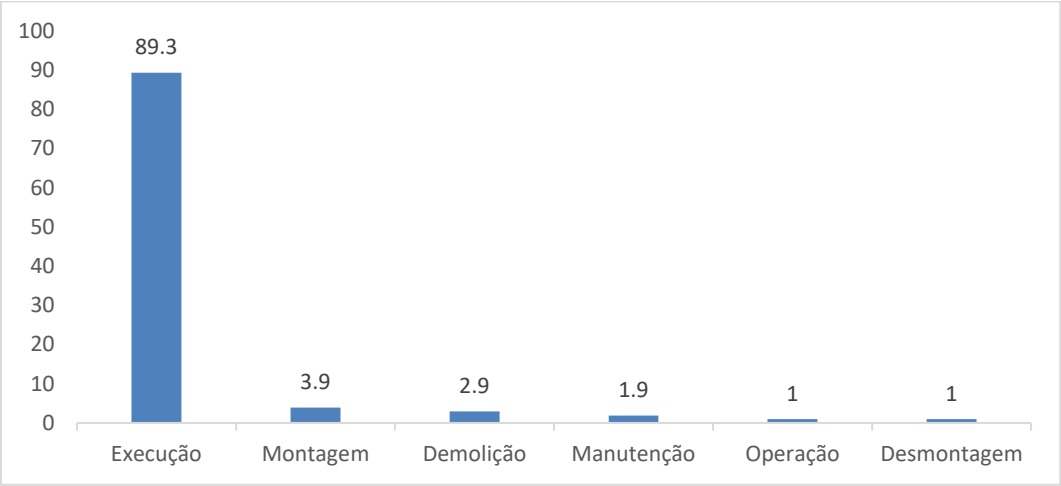


Figura 10 - Distribuição dos acidentes por fase da obra (%)

Os resultados demonstram que a maioria dos acidentes ocorreu durante a fase de execução da obra, correspondendo a 92 casos (89,3% da amostra).

A fase de montagem apresentou quatro acidentes (3,9%), seguida da fase de demolição, com três casos (2,9%), e da manutenção, com dois casos (1,9%). As fases de operação e desmontagem apresentaram um acidente cada, correspondendo individualmente a 1,0% da amostra.

Assim, a maior proporção dos acidentes analisados ocorreu durante a fase de execução. Contudo, estes resultados representam exclusivamente a distribuição dos casos incluídos na amostra. Uma vez que os relatórios analisados não fornecem informação sobre o número de trabalhadores, as horas trabalhadas, a duração das diferentes fases ou o volume de atividades realizadas em cada uma delas, não é possível estimar nem comparar o risco de ocorrência de acidentes entre as fases da obra.

4.1.3 Atividade desenvolvida e agente material

A caracterização da amostra foi complementada através da análise da atividade desenvolvida no momento do acidente e do agente material associado ao evento. Os resultados relativos à completude e à diversidade destas variáveis encontram-se apresentados na Tabela B.17 do Apêndice B.

A variável atividade desenvolvida apresentou informação válida nos 103 acidentes analisados, não tendo sido identificados valores omissos. Foram registadas 103 descrições distintas, correspondendo cada uma a uma tarefa específica executada no momento do acidente. Entre as atividades identificadas incluem-se, a título exemplificativo, a concretagem de painel ou contraforte inclinado, a escavação de vala para instalação de drenagem, a aplicação de betume quente em cobertura plana, a instalação e o alinhamento de treliças de madeira e a remoção de elementos da cobertura. Atendendo ao elevado nível de detalhe das descrições, não se procedeu ao seu reagrupamento em novas categorias.

Relativamente ao agente material, os 103 acidentes apresentaram igualmente informação válida. Foram identificadas 99 designações distintas, evidenciando uma elevada diversidade dos equipamentos, estruturas e elementos físicos associados aos eventos. O balde de escavadora desacoplado de *quick coupler* foi identificado em três acidentes (2,9%), enquanto a borda desprotegida da cobertura e a claraboia em fibra de vidro não protegida foram identificadas em dois acidentes cada (1,9%). Os restantes 96 agentes materiais foram registados uma única vez, representando 93,2% da amostra.

Entre os agentes materiais com uma única ocorrência encontravam-se, por exemplo, linhas elétricas aéreas energizadas, muros de contenção, escadas extensíveis, andaimes, plataformas elevatórias, aberturas desprotegidas e elementos estruturais temporários. As designações individuais foram preservadas na matriz de extração, não tendo sido efetuada qualquer alteração das codificações originais.

4.1.4 Síntese da caracterização da amostra

A caracterização dos 103 acidentes fatais analisados evidenciou uma maior concentração dos casos nas categorias de queda em altura e colapso estrutural. As quedas em altura corresponderam a 49 acidentes (47,6%) e os colapsos estruturais a 28 casos (27,2%), representando, em conjunto, 77 acidentes (74,8% da amostra). Relativamente à fase da obra, verificou-se o predomínio dos acidentes ocorridos durante a fase de execução.

Quanto à atividade desenvolvida no momento do acidente, foram registadas 103 descrições distintas, correspondendo cada uma à tarefa específica executada pelo trabalhador. Esta diversidade resulta do nível de detalhe adotado na extração dos dados, não tendo sido efetuado um reagrupamento posterior das atividades em categorias mais abrangentes.

No que respeita ao agente material, foram identificadas 99 designações distintas nos 103 acidentes. O balde de escavadora desacoplado de *quick coupler* foi identificado em três casos (2,9%), enquanto a borda desprotegida da cobertura e a claraboia em fibra de vidro não protegida foram registadas em dois casos cada (1,9%). Os restantes 96 agentes materiais apresentaram uma única ocorrência.

Em todas as variáveis consideradas nesta caracterização tipologia, fase da obra, atividade desenvolvida e agente material existia informação válida para os 103 acidentes, não tendo sido identificados valores omissos. Os resultados detalhados relativos à atividade e ao agente material encontram-se apresentados na Tabela B.17 do Apêndice B. Esta caracterização constitui a base descritiva para a apresentação dos fatores contributivos, das barreiras de segurança e dos mecanismos causais nas secções seguintes.

4.2 Fatores contributivos dos acidentes

A compreensão dos fatores contributivos constitui um elemento fundamental na investigação de acidentes, uma vez que permite identificar as condições que favoreceram ou permitiram a ocorrência dos eventos analisados.

Com base nas informações constantes dos relatórios FACE/NIOSH e na matriz de extração desenvolvida para a presente investigação, os fatores contributivos foram agrupados em três grandes categorias: fatores técnicos, fatores humanos e fatores organizacionais.

Esta classificação permitiu organizar os fatores contributivos identificados nos relatórios de acordo com a sua natureza técnica, humana ou organizacional. Um mesmo acidente podia apresentar vários fatores pertencentes à mesma dimensão e, simultaneamente, fatores integrados nas três dimensões analisadas.

Para distinguir a abrangência dos fatores do volume de codificação, foram considerados separadamente o número de acidentes com pelo menos um código em cada dimensão, o número total de ocorrências codificadas e a média de códigos por acidente. Conforme apresentado na Tabela 11, todos os 103 acidentes apresentaram pelo menos um fator técnico, um fator humano e um fator organizacional.

Tabela 11 - Abrangência e densidade de codificação dos fatores contributivos

Dimensão	Acidentes com pelo menos um código, n (%)	Ocorrências codificadas	Média de códigos por acidente
Fatores técnicos	103 (100,0)	329	3,19
Fatores humanos	103 (100,0)	191	1,85
Fatores organizacionais	103 (100,0)	361	3,50

Nota: Um mesmo acidente podia apresentar vários códigos na mesma dimensão e códigos pertencentes simultaneamente às três dimensões. O número de ocorrências codificadas não corresponde ao número de acidentes e não permite estabelecer uma hierarquia de importância causal entre as dimensões.

A dimensão organizacional registou 361 ocorrências codificadas, correspondendo a uma média de 3,50 códigos por acidente. A dimensão técnica apresentou 329 ocorrências e uma média de 3,19 códigos por acidente, enquanto a dimensão humana apresentou 191 ocorrências e uma média de 1,85 códigos por acidente.

Estes valores representam a densidade de codificação documental em cada dimensão e não constituem uma medida direta da respetiva importância causal. As diferenças entre os totais podem também ser influenciadas pelo número de categorias e pelo respetivo nível de desagregação. Por esse motivo, os resultados apresentados nas subseções seguintes são interpretados no interior de cada dimensão, não sendo

efetuada uma comparação direta da predominância causal entre os fatores técnicos, humanos e organizacionais.

4.2.1 Fatores técnicos

Os fatores técnicos correspondem às condições físicas, materiais e tecnológicas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a ocorrência dos acidentes.

Foram incluídas nesta dimensão falhas associadas a estruturas, dispositivos de proteção contra quedas, sistemas de acesso, movimentação de cargas e materiais, equipamentos, maquinaria, fontes de energia perigosa e condições físicas do local de trabalho. A Figura 11 apresenta o número de acidentes em que foi identificado pelo menos um código pertencente a cada categoria técnica.

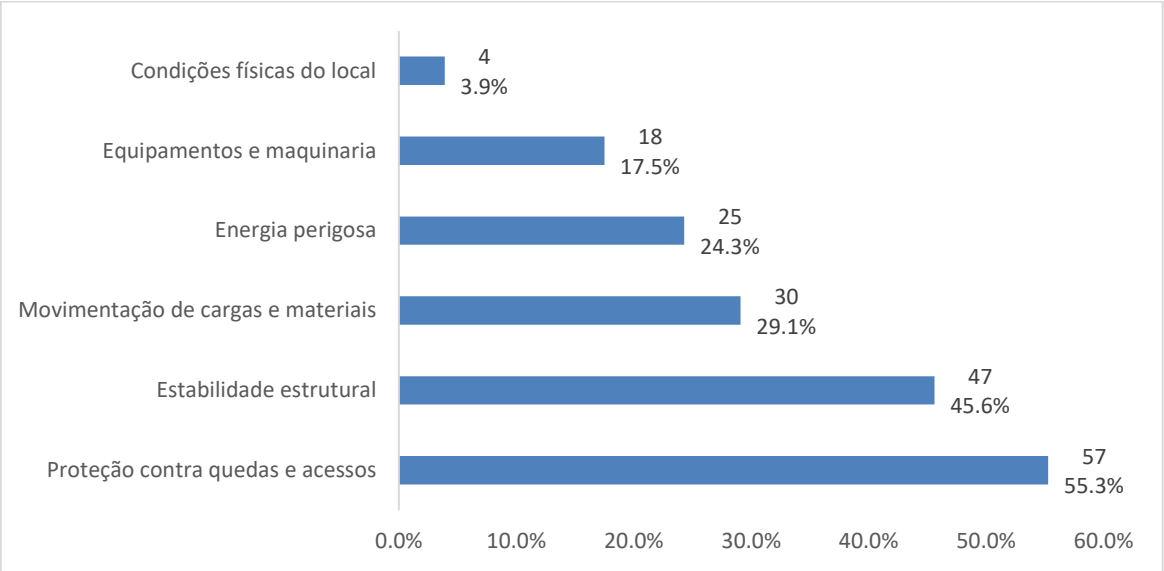


Figura 11 - Número de acidentes segundo as categorias de fatores técnicos

Nota: As frequências correspondem ao número de acidentes em que foi identificado pelo menos um código pertencente à respetiva categoria. Um mesmo acidente pode contribuir para mais do que uma categoria, pelo que a soma das frequências é superior a 103.

Todos os 103 acidentes analisados apresentaram pelo menos um fator técnico. No total, foram registadas 329 ocorrências técnicas, correspondendo a uma média de 3,19 códigos por acidente.

A categoria proteção contra quedas e acessos foi identificada em 57 acidentes (55,3%), constituindo a categoria técnica com maior abrangência na amostra. Nesta categoria foram incluídas deficiências relativas a sistemas de proteção coletiva e individual, guarda-corpos, claraboias, coberturas frágeis, escadas, plataformas de trabalho, sistemas de ancoragem e outros meios destinados à prevenção de quedas.

Os fatores relacionados com a estabilidade estrutural foram identificados em 47 acidentes (45,6%). Esta categoria integrou falhas de resistência, rigidez, apoio, escoramento, contraventamento, ligações e estabilidade de estruturas permanentes ou temporárias.

A movimentação de cargas e materiais esteve presente em 30 acidentes (29,1%), incluindo falhas técnicas associadas ao içamento, retenção, sustentação, transporte ou queda de cargas e materiais. Os fatores relativos à energia perigosa foram identificados em 25 acidentes (24,3%), abrangendo situações de exposição ou perda de controlo de energia elétrica, hidráulica, mecânica armazenada ou de outras fontes de energia.

Os fatores associados a equipamentos e maquinaria foram identificados em 18 acidentes (17,5%), enquanto as condições físicas do local foram registadas em quatro casos (3,9%). Esta última categoria incluiu condições materiais do espaço de trabalho não abrangidas pelas restantes categorias, designadamente características do piso, obstáculos, visibilidade ou configuração física do local.

Uma vez que um acidente podia apresentar mais do que uma categoria técnica, as frequências e percentagens apresentadas não são aditivas. Os resultados completos, incluindo o número de ocorrências codificadas em cada categoria, encontram-se apresentados na Tabela B.3 do Apêndice B.

4.2.2 Fatores humanos

Os fatores humanos referem-se às ações, decisões e comportamentos dos trabalhadores e dos restantes intervenientes que contribuíram para a ocorrência de acidentes.

Nesta dimensão foram consideradas apenas ações, decisões, omissões ou comportamentos observáveis diretamente descritos nos relatórios de investigação. Não foram mantidas formulações que pressupusessem estados psicológicos não documentados, como excesso de confiança, complacência, subestimação subjetiva do risco ou perceção individual inadequada. A Figura 12 apresenta o número de acidentes em que foi identificada pelo menos uma ocorrência pertencente a cada categoria humana.

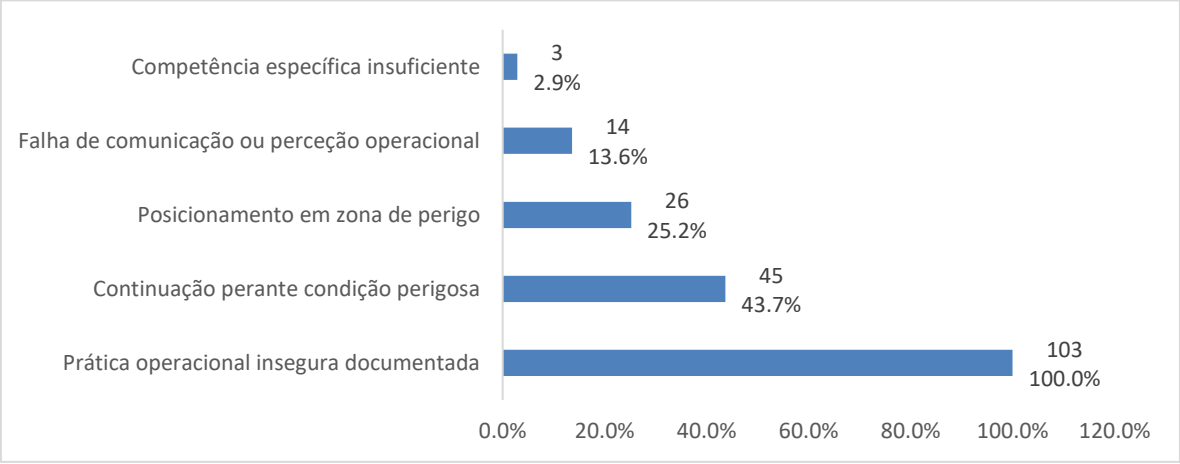


Figura 12 - Número de acidentes segundo as categorias de fatores humanos

Nota: As frequências correspondem ao número de acidentes em que foi identificado pelo menos um código pertencente à respetiva categoria. Um mesmo acidente pode contribuir para mais do que uma categoria. As categorias foram atribuídas com base em ações, decisões, omissões ou comportamentos observáveis documentados nos relatórios.

Todos os 103 acidentes analisados apresentaram pelo menos um fator humano documentado. Após a revisão das codificações, foram registadas 191 ocorrências humanas, correspondendo a uma média de 1,85 códigos por acidente.

A categoria prática operacional insegura documentada foi identificada nos 103 acidentes (100,0%). Esta categoria incluiu ações, decisões ou omissões diretamente descritas nos relatórios, como a execução de tarefas sem as medidas de proteção previstas, a utilização inadequada de equipamentos ou o incumprimento de procedimentos operacionais.

A continuação da atividade perante uma condição perigosa foi identificada em 45 acidentes (43,7%). Esta categoria foi atribuída apenas quando os relatórios indicavam que a atividade prosseguiu apesar da existência de uma condição perigosa observável, de sinais de instabilidade, da ausência de medidas de proteção ou da permanência dos trabalhadores numa situação documentada de exposição ao perigo.

O posicionamento em zona de perigo foi identificado em 26 acidentes (25,2%), incluindo situações de permanência sob cargas suspensas, no raio de ação de equipamentos, junto de bordos desprotegidos ou em zonas suscetíveis de colapso, esmagamento ou impacto.

As falhas de comunicação ou perceção operacional foram registadas em 14 acidentes (13,6%). Esta categoria integrou situações em que a informação necessária à realização segura da tarefa não foi transmitida, compreendida ou confirmada adequadamente entre os intervenientes. A insuficiência de competência específica foi identificada em três acidentes (2,9%), nos quais os relatórios documentavam limitações concretas de conhecimento, experiência ou capacidade técnica para a execução da tarefa.

Um mesmo acidente podia apresentar mais do que uma categoria humana, pelo que as frequências e percentagens não são aditivas. Os resultados completos, incluindo o número de ocorrências codificadas, encontram-se apresentados na Tabela B.4 do Apêndice B.

4.2.3 Fatores organizacionais

Os fatores organizacionais correspondem às condições de gestão, planeamento, supervisão e controlo que influenciaram a ocorrência de acidentes.

Esta dimensão incluiu aspetos relacionados com os sistemas de gestão da segurança, a liderança, a disponibilização de recursos, a formação e competência, o planeamento e os métodos de trabalho, a inspeção e monitorização, a coordenação e comunicação, a supervisão, a avaliação de riscos, a gestão de alterações e o controlo de contratados e subcontratados. A Figura 13 apresenta o número de acidentes em que foi identificado pelo menos um código pertencente a cada categoria organizacional.

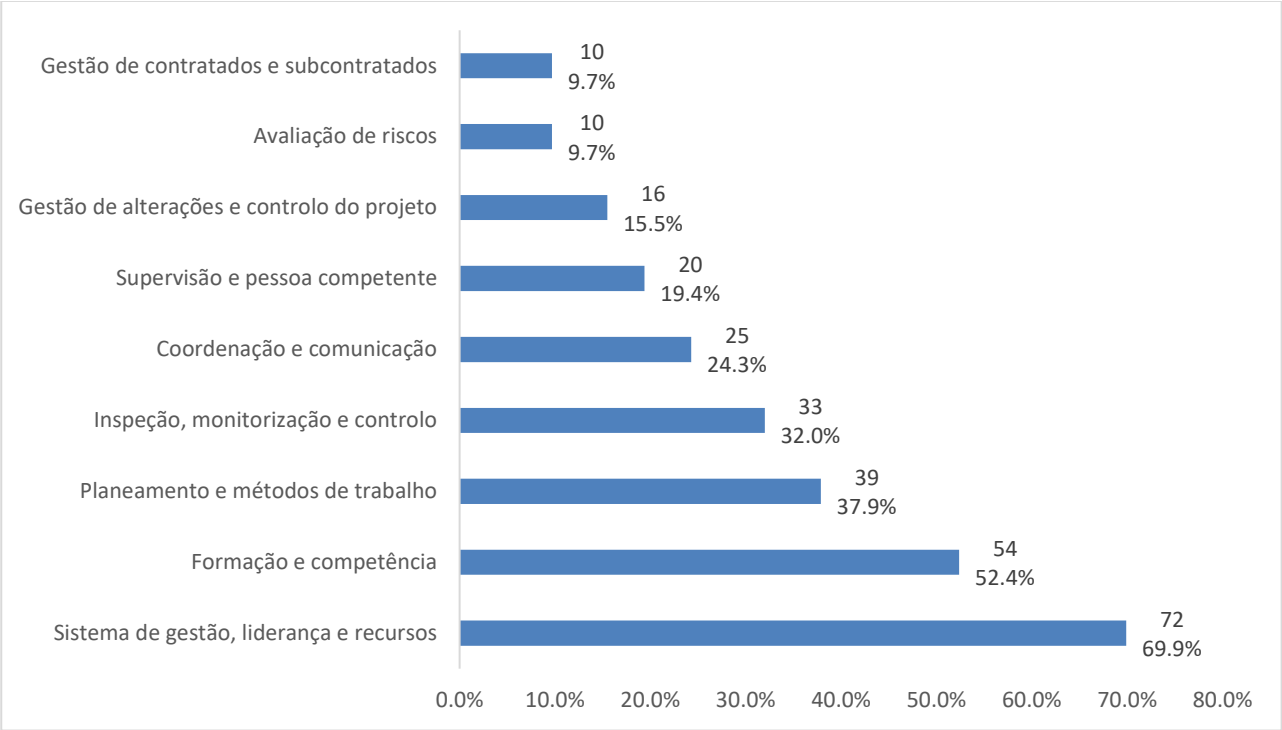


Figura 13 - Número de acidentes segundo as categorias de fatores organizacionais

Nota: As frequências correspondem ao número de acidentes em que foi identificado pelo menos um código pertencente à respetiva categoria. Um mesmo acidente pode contribuir para mais do que uma categoria, pelo que a soma das frequências é superior a 103.

Todos os 103 acidentes analisados apresentaram pelo menos um fator organizacional. Foram registadas 361 ocorrências organizacionais, correspondendo a uma média de 3,50 códigos por acidente.

A categoria sistema de gestão, liderança e recursos foi identificada em 72 acidentes (69,9%). Esta categoria incluiu deficiências relacionadas com programas e políticas de segurança, definição de responsabilidades, disponibilização de recursos, aplicação das regras, liderança e implementação das medidas preventivas.

Os fatores associados à formação e competência foram identificados em 54 acidentes (52,4%), incluindo situações de ausência ou insuficiência de formação, treino, experiência, qualificação ou verificação prévia da competência dos trabalhadores.

As deficiências de planeamento e métodos de trabalho estiveram presentes em 39 acidentes (37,9%), enquanto as falhas de inspeção, monitorização e controlo foram identificadas em 33 casos (32,0%). Os problemas de coordenação e comunicação estiveram presentes em 25 acidentes (24,3%), e as deficiências de supervisão ou de atuação de pessoa competente foram identificadas em 20 casos (19,4%).

A gestão de alterações e o controlo do projeto foram identificados em 16 acidentes (15,5%), abrangendo falhas de revisão de engenharia, validação técnica, controlo das alterações efetuadas no terreno e governação de estruturas temporárias. As categorias avaliação de riscos e gestão de contratados e subcontratados foram registadas em dez acidentes cada, correspondendo individualmente a 9,7% da amostra.

A decomposição da dimensão organizacional permitiu distinguir falhas específicas anteriormente integradas numa categoria geral de sistema de gestão da segurança. Um mesmo acidente podia apresentar fatores pertencentes a várias categorias organizacionais, pelo que as frequências e percentagens não são aditivas. Os resultados completos, incluindo o número de ocorrências codificadas, encontram-se apresentados na Tabela B.5 do Apêndice B.

4.2.4 Síntese dos fatores contributivos

A análise dos fatores contributivos mostrou que todos os 103 acidentes apresentaram fatores técnicos, humanos e organizacionais. Foram registadas 329 ocorrências técnicas, 191 ocorrências humanas e 361 ocorrências organizacionais, correspondendo, respetivamente, a médias de 3,19, 1,85 e 3,50 códigos por acidente.

Na dimensão técnica, as categorias com maior abrangência foram a proteção contra quedas e acessos, identificada em 57 acidentes (55,3%), e a estabilidade estrutural, presente em 47 casos (45,6%). Na dimensão humana, todos os acidentes apresentaram pelo menos uma prática operacional insegura documentada, enquanto a continuação perante uma condição perigosa foi identificada em 45 casos (43,7%). Na dimensão organizacional, o sistema de gestão, liderança e recursos esteve presente em 72 acidentes (69,9%), seguido da formação e competência, identificada em 54 casos (52,4%).

Estes resultados evidenciam a coexistência de fatores pertencentes às diferentes dimensões nos acidentes analisados. Contudo, os totais de códigos e as médias por acidente representam a densidade de codificação documental e não permitem, isoladamente, estabelecer uma hierarquia de importância causal entre os fatores técnicos, humanos e organizacionais.

4.3 Barreiras de segurança identificadas nos acidentes

As barreiras de segurança constituem mecanismos destinados a prevenir o início da sequência acidental, controlar o desenvolvimento do evento ou mitigar as respetivas consequências. Embora possam assumir natureza técnica, humana ou organizacional, no presente estudo foram classificadas de acordo com a sua função no sistema de segurança: barreiras preventivas, barreiras de controlo e barreiras de mitigação.

As barreiras preventivas atuam antes do início do evento, através da eliminação ou substituição do perigo, do projeto seguro, da avaliação de riscos, do planeamento, da formação e da coordenação. As barreiras de controlo destinam-se a impedir ou interromper o desenvolvimento da sequência acidental, incluindo sistemas de proteção, escoramentos, segregação, controlo de energias, inspeções, supervisão e procedimentos. As barreiras de mitigação atuam depois de iniciado o evento, procurando limitar a gravidade das consequências através da redução da queda ou do impacto, da utilização de equipamentos de proteção e da resposta de emergência.

A análise dos relatórios FACE/NIOSH permitiu identificar barreiras ausentes, inadequadas, não aplicadas, degradadas ou ineficazes nos acidentes fatais estudados. A codificação foi efetuada independentemente da categoria analítica do acidente, evitando que a barreira fosse automaticamente determinada pelo mecanismo

de ocorrência. Deste modo, a classificação de um acidente como queda em altura, colapso estrutural ou contacto com energia perigosa não determinou, por si só, a barreira que lhe seria atribuída.

As barreiras foram identificadas a partir das condições inseguras, dos desvios de procedimento, dos fatores técnicos, humanos e organizacionais, das causas imediatas, contributivas e raiz, das observações e das recomendações constantes dos relatórios. A categoria analítica do acidente foi utilizada apenas posteriormente, para contextualização dos resultados, não tendo sido utilizada como critério de atribuição das barreiras.

Quando a barreira era sustentada por condições, desvios, fatores, causas ou observações documentadas, a evidência foi classificada como direta. Quando a identificação resultava exclusivamente de uma recomendação formulada no relatório, foi classificada como evidência indireta. Dos 525 registos acidente–barreira identificados, 489 apresentaram evidência direta e 36 foram sustentados apenas pelas recomendações.

Cada acidente podia apresentar várias barreiras pertencentes ao mesmo nível funcional ou a níveis diferentes. Assim, a análise não se limitou à atribuição de uma única barreira crítica por categoria de acidente. A Tabela 12 apresenta a distribuição das barreiras identificadas nos 103 acidentes, de acordo com o respetivo nível funcional.

Tabela 12 - Distribuição das barreiras de segurança por nível funcional (n = 103)

Nível funcional	Código	Barreira de segurança	Acidentes, n	%
Preventiva	P1	Eliminação ou substituição do perigo	15	14,6
	P2	Projeto seguro e verificação de engenharia	50	48,5
	P3	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	70	68,0
	P4	Formação e competência	65	63,1
	P5	Coordenação e comunicação	30	29,1
Controlo	C1	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	46	44,7
	C2	Proteção individual contra quedas	32	31,1
	C3	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	26	25,2
	C4	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	14	13,6
	C5	Controlo de energias perigosas	8	7,8
	C6	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	40	38,8

Nível funcional	Código	Barreira de segurança	Acidentes, n	%
	C7	Supervisão e controlo operacional	54	52,4
	C8	Procedimentos e autorização de trabalho	49	47,6
Mitigação	M1	Limitação da queda ou do impacto	11	10,7
	M2	Resposta de emergência, resgate e primeiros socorros	4	3,9
	M3	Proteção individual contra consequências	11	10,7

Nota: As frequências correspondem ao número de acidentes em que foi identificada pelo menos uma evidência relativa à respetiva barreira. Um mesmo acidente pode contribuir para várias barreiras e para diferentes níveis funcionais, pelo que as frequências e percentagens não são aditivas. A codificação foi efetuada independentemente da categoria analítica do acidente.

Foram identificadas barreiras preventivas nos 103 acidentes analisados, totalizando 230 registos acidente–barreira e uma média de 2,23 barreiras preventivas por acidente. A avaliação de riscos e o planeamento da tarefa constituíram a barreira preventiva mais frequentemente identificada, estando presentes em 70 acidentes (68,0%). Seguiram-se a formação e competência, identificadas em 65 casos (63,1%), e o projeto seguro e a verificação de engenharia, presentes em 50 acidentes (48,5%).

A coordenação e comunicação foram identificadas em 30 acidentes (29,1%), enquanto as medidas de eliminação ou substituição do perigo foram registadas em 15 casos (14,6%). Estes resultados correspondem à frequência com que a ausência, inadequação ou ineficácia destas barreiras foi documentada, não permitindo estabelecer, isoladamente, uma hierarquia da respetiva importância causal.

As barreiras de controlo foram identificadas em 101 acidentes (98,1%), correspondendo a 269 registos acidente–barreira e a uma média de 2,61 barreiras de controlo por acidente. A supervisão e o controlo operacional foram identificados em 54 acidentes (52,4%), seguindo-se os procedimentos e a autorização de trabalho, presentes em 49 casos (47,6%).

A proteção coletiva contra quedas e os acessos seguros foram identificados em 46 acidentes (44,7%), enquanto a seleção, inspeção e manutenção de equipamentos foram registadas em 40 casos (38,8%). A proteção individual contra quedas esteve presente em 32 acidentes (31,1%), e as barreiras relativas à estabilidade temporária, ao escoramento e ao contraventamento foram identificadas em 26 casos (25,2%).

As barreiras relacionadas com a segregação, as zonas de exclusão e a gestão de tráfego foram identificadas em 14 acidentes (13,6%), enquanto o controlo de energias perigosas foi registado em oito casos (7,8%). A menor frequência destas barreiras resulta da sua aplicabilidade a situações específicas e não demonstra menor relevância preventiva.

As barreiras de mitigação foram identificadas em 24 acidentes (23,3%), totalizando 26 registos acidente–barreira e uma média de 0,25 barreiras por acidente. A limitação da queda ou do impacto e a proteção

individual contra as consequências foram identificadas em 11 acidentes cada (10,7%). As medidas de resposta de emergência, resgate e primeiros socorros foram registadas em quatro casos (3,9%).

A ausência de codificação de uma barreira de mitigação nos restantes acidentes não permite concluir que essa barreira não existia. Significa apenas que os relatórios analisados não apresentavam evidência documental suficiente para sustentar a sua identificação.

Os resultados demonstram que os acidentes analisados envolveram, geralmente, falhas simultâneas em várias camadas do sistema de segurança. A sequência acidental não resultou necessariamente da falha de uma única barreira, mas da combinação de deficiências preventivas, insuficiências nos mecanismos de controlo e, em alguns casos, ausência ou ineficácia de medidas destinadas a limitar as consequências.

Esta abordagem multibarreira evita a associação automática entre a categoria do acidente e uma única barreira crítica. Por exemplo, um acidente classificado como queda em altura podia envolver simultaneamente falhas de planeamento, formação, supervisão, proteção coletiva, acesso seguro, proteção individual e resposta de emergência. De igual modo, um colapso estrutural podia envolver deficiências de projeto, avaliação de riscos, sequência construtiva, escoramento, inspeção, controlo de alterações e isolamento da zona de trabalho.

A definição operacional das barreiras encontra-se apresentada na Tabela B.9 do Apêndice B. A distribuição completa das barreiras e a respetiva evidência documental são apresentadas nas Tabelas B.11 e B.18, permitindo assegurar a rastreabilidade entre cada acidente, a barreira identificada e a fonte utilizada na codificação.

4.4 Análise causal dos acidentes

A análise causal constitui uma das etapas centrais da investigação de acidentes, permitindo compreender os mecanismos que conduziram à ocorrência dos eventos e identificar oportunidades de melhoria das medidas preventivas.

Com base na informação disponível nos relatórios FACE/NIOSH, procedeu-se à classificação das causas identificadas em três níveis complementares: causas imediatas, causas contributivas e causas-raiz.

As causas imediatas correspondem aos fatores diretamente associados à ocorrência do acidente. As causas contributivas referem-se às condições que favoreceram ou potenciaram o desenvolvimento do evento. As causas-raiz representam as fragilidades subjacentes do sistema de trabalho que permitiram a existência das restantes causas e contribuíram para a materialização do acidente.

As Tabelas 13, 14 e 15 apresentam as distribuições das causas imediatas, contributivas e raiz, respetivamente. Para cada nível foram considerados o número de acidentes abrangidos, o número de ocorrências codificadas, a respetiva percentagem e os valores omissos. O sistema de codificação das causas-raiz encontra-se detalhado na Tabela B.10 do Apêndice B, enquanto a respetiva distribuição completa é apresentada na Tabela B.15.

Os 103 acidentes apresentaram informação válida nos três níveis de análise causal, não tendo sido identificados valores omissos. Foi atribuída uma causa imediata principal a cada acidente. Nas causas contributivas e raiz foi admitida codificação multirresposta, uma vez que o mesmo acidente podia apresentar várias causas pertencentes a diferentes categorias.

4.4.1 Causas imediatas

As causas imediatas correspondem aos acontecimentos ou condições diretamente associados ao momento da ocorrência do acidente. Representam a última falha observável ou o mecanismo de perda de controlo que antecedeu diretamente o dano. A cada acidente foi atribuída uma causa imediata principal, evitando a dupla contabilização do mesmo caso neste nível de análise.

A Tabela 13 apresenta a distribuição das causas imediatas identificadas nos 103 acidentes**.**

Tabela 13 - Distribuição das causas imediatas identificadas (n = 103)

Categoria de causa imediata	Acidentes, n	Ocorrências codificadas, n	%	Exemplo documental
Falha de proteção contra quedas	41	41	39,8	Escorregamento no telhado e falha do sistema de proteção individual contra quedas em deter a queda
Perda de estabilidade estrutural	27	27	26,2	Colapso de uma estrutura devido à perda de estabilidade ou à insuficiência da capacidade resistente
Exposição a cargas, materiais ou objetos	17	17	16,5	Queda do balde da escavadora sobre o trabalhador
Perda de controlo de equipamentos ou veículos	9	9	8,7	Capotamento ou movimentação descontrolada de equipamento móvel
Falha de proteção de escavações	5	5	4,9	Colapso local de uma vala sobre o trabalhador
Exposição ou libertação de energia perigosa	4	4	3,9	Contacto com linha elétrica aérea ou libertação de energia armazenada
Total	103	103	100,0	
Valores omissos	0	0	0,0	

A falha de proteção contra quedas constituiu a causa imediata mais frequente, tendo sido identificada em 41 acidentes (39,8%). Esta categoria incluiu situações de ausência, inadequação, utilização incorreta ou falha de sistemas destinados a impedir ou deter a queda.

A perda de estabilidade estrutural foi identificada em 27 acidentes (26,2%), abrangendo colapsos, instabilidades, roturas ou perdas de capacidade resistente de estruturas permanentes, temporárias ou em fase de construção.

A exposição a cargas, materiais ou objetos foi registada em 17 acidentes (16,5%), enquanto a perda de controlo de equipamentos ou veículos foi identificada em nove casos (8,7%). A falha de proteção de escavações esteve presente em cinco acidentes (4,9%) e a exposição ou libertação de energia perigosa em quatro casos (3,9%).

Os resultados apresentados correspondem exclusivamente à distribuição dos mecanismos imediatos identificados nos relatórios. A frequência das categorias não constitui, por si só, uma medida do risco associado a cada mecanismo, uma vez que não estavam disponíveis denominadores de exposição.

4.4.2 Causas contributivas

As causas contributivas correspondem às condições que favoreceram ou potenciaram a ocorrência dos acidentes, criando o contexto no qual as causas imediatas se puderam materializar. Estas causas não se encontram necessariamente associadas ao momento exato do evento, podendo estar presentes durante a preparação, organização ou execução dos trabalhos.

Foi admitida a atribuição de várias causas contributivas ao mesmo acidente. Consequentemente, as frequências e percentagens apresentadas na Tabela 14 não são aditivas. Nos 103 acidentes foram registadas 153 ocorrências contributivas, correspondendo a uma média de 1,49 códigos por acidente.

Tabela 14 - Distribuição das causas contributivas identificadas (n = 103)

Categoria de causa contributiva	Acidentes, n	Ocorrências codificadas, n	%	Exemplo documental
Proteção contra quedas e acessos inadequados	46	46	44,7	Ausência ou instalação inadequada de proteção coletiva e individual contra quedas
Estabilidade estrutural ou de escavações inadequada	29	29	28,2	Ausência de escoramento ou contraventamento temporário adequado
Gestão ou utilização inadequada de equipamentos e veículos	23	23	22,3	Utilização de equipamento inadequado ou operação fora dos respetivos limites

Categoria de causa contributiva	Acidentes, n	Ocorrências codificadas, n	%	Exemplo documental
Prática operacional ou posicionamento inseguro	16	16	15,5	Permanência do trabalhador numa zona de perigo ou linha de fogo
Planeamento, sequência e método de trabalho inadequados	15	15	14,6	Remoção prematura de elementos estruturais ou sequência de trabalho inadequada
Movimentação de cargas, materiais e acessórios inadequada	8	8	7,8	Contacto de cintas de elevação com arestas cortantes da carga
Inspeção, verificação e manutenção insuficientes	4	4	3,9	Ausência de inspeção ou verificação adequada de componentes críticos
Exposição ou controlo inadequado de energia perigosa	4	4	3,9	Execução de trabalho com equipamento parcialmente energizado
Condições humanas, físicas ou ambientais adversas	3	3	2,9	Trabalho realizado sob condições ambientais adversas
Supervisão, comunicação e coordenação insuficientes	3	3	2,9	Perda de contacto visual e ausência de observador durante uma manobra
Avaliação de riscos e gestão de alterações insuficientes	2	2	1,9	Alteração da condição de trabalho sem reavaliação da capacidade estrutural
Total de ocorrências codificadas		153		
Acidentes com informação válida	103		100,0	
Valores omissos	0		0,0	

A categoria proteção contra quedas e acessos inadequados apresentou a maior frequência, tendo sido identificada em 46 acidentes (44,7%). Seguiram-se as deficiências de estabilidade estrutural ou de proteção de escavações, registadas em 29 casos (28,2%), e a gestão ou utilização inadequada de equipamentos e veículos, identificada em 23 acidentes (22,3%).

As práticas operacionais ou o posicionamento inseguro foram identificados em 16 acidentes (15,5%), enquanto as falhas de planeamento, sequência ou método de trabalho estiveram presentes em 15 casos (14,6%).

As restantes categorias apresentaram frequências inferiores, incluindo falhas de movimentação de cargas e materiais, inspeção e manutenção, controlo de energias perigosas, condições ambientais, supervisão, comunicação, avaliação de riscos e gestão de alterações.

Um mesmo acidente podia apresentar várias causas contributivas. Assim, os valores da tabela representam o número de acidentes em que cada categoria foi identificada, não constituindo categorias mutuamente exclusivas.

4.4.3 Causas-raiz

As causas-raiz representam as condições subjacentes que permitiram a existência ou a persistência das causas imediatas e contributivas. Estas causas podem situar-se em diferentes níveis do sistema de trabalho, incluindo dimensões organizacionais, técnicas ou sistémicas e regulatórias ou contratuais.

A taxonomia inicial das causas-raiz concentrava-se predominantemente em categorias organizacionais. Para evitar que o enquadramento determinasse antecipadamente os resultados, a classificação foi expandida, passando a incluir categorias relacionadas com projeto e engenharia, fiabilidade dos equipamentos, arquitetura física das proteções, conformidade regulatória e governação contratual.

Foi admitida a atribuição de várias causas-raiz ao mesmo acidente. Nos 103 casos foram registadas 306 ocorrências de causas-raiz, correspondendo a uma média de 2,97 códigos por acidente. A Tabela 15 apresenta a respetiva distribuição.

Tabela 15 - Distribuição das categorias de causas-raiz identificadas (n = 103)

Domínio	Categoria de causa-raiz	Acidentes, n	Ocorrências codificadas, n	%	Exemplo documental
Organizacional	Sistema de gestão, políticas e procedimentos	73	73	70,9	Ausência de programas, procedimentos ou mecanismos formais de controlo da segurança
Técnica/sistémica	Projeto, engenharia e estabilidade do sistema	45	45	43,7	Ausência ou inadequação de projeto e verificação de engenharia
Organizacional	Planeamento e gestão operacional	42	42	40,8	Falta de planeamento técnico ou de definição da sequência de trabalho
Organizacional	Formação e competência	30	30	29,1	Ausência de formação específica ou de verificação da competência

Domínio	Categoria de causa-raiz	Acidentes, n	Ocorrências codificadas, n	%	Exemplo documental
Técnica/sistémica	Arquitetura de proteção e condições físicas do sistema	26	26	25,2	Ausência de barreiras físicas ou sistemas coletivos de proteção
Organizacional	Supervisão e controlo operacional	25	25	24,3	Ausência ou insuficiência de supervisão competente
Técnica/sistémica	Conceção, fiabilidade e manutenção de equipamentos	24	24	23,3	Deficiências de conceção, fiabilidade ou manutenção de componentes e equipamentos
Organizacional	Avaliação de riscos, inspeção e controlo	21	21	20,4	Ausência de avaliação, inspeção ou verificação de condições críticas
Organizacional	Gestão de alterações, liderança, recursos e aprendizagem	7	7	6,8	Gestão inadequada de alterações ou ausência de resposta a falhas anteriores
Organizacional	Coordenação, comunicação e gestão de contratados	6	6	5,8	Falhas de coordenação entre empregadores ou equipas
Regulatória/contratual	Conformidade legal e fiscalização externa	6	6	5,8	Incumprimento de requisitos legais ou regulamentares aplicáveis
Regulatória/contratual	Governança contratual e definição de responsabilidades	1	1	1,0	Responsabilidades de segurança insuficientemente definidas entre intervenientes
Total de ocorrências codificadas			306		
Acidentes com informação válida		103		100,0	
Valores omissos		0		0,0	

A categoria sistema de gestão, políticas e procedimentos foi identificada em 73 acidentes (70,9%). Contudo, a taxonomia expandida evidenciou igualmente a presença de causas técnicas ou sistémicas, designadamente ao nível do projeto, da engenharia, da estabilidade, da conceção dos equipamentos e da arquitetura das proteções.

As causas relacionadas com projeto, engenharia e estabilidade do sistema foram identificadas em 45 acidentes (43,7%), enquanto as falhas de planeamento e gestão operacional estiveram presentes em 42 casos (40,8%). A formação e competência foram registadas em 30 acidentes (29,1%), seguindo-se a arquitetura de proteção e as condições físicas do sistema, identificadas em 26 casos (25,2%).

As causas regulatórias ou contratuais apresentaram menor frequência, tendo sido identificadas em situações específicas relacionadas com incumprimento legal, fiscalização externa ou indefinição de responsabilidades entre intervenientes.

Análise de sensibilidade da classificação das causas-raíz.

Para avaliar o efeito da definição adotada, foi comparada a taxonomia inicial, predominantemente organizacional, com a taxonomia expandida. Na classificação inicial, os 103 acidentes seriam enquadrados como apresentando causas organizacionais por definição. Na taxonomia expandida, as causas organizacionais permaneceram presentes na maioria dos casos, mas coexistiram frequentemente com causas técnicas ou sistémicas. A Tabela 16 apresenta Análise de sensibilidade da classificação das causas-raiz.

Tabela 16 - Análise de sensibilidade da classificação das causas-raiz (n = 103)

Análise	Domínio ou combinação de domínios	Acidentes, n	%
Taxonomia inicial restrita	Organizacional por definição	103	100,0
Taxonomia expandida – presença do domínio	Organizacional	92	89,3
Taxonomia expandida – presença do domínio	Técnica/sistémica	75	72,8
Taxonomia expandida – presença do domínio	Regulatória/contratual	7	6,8
Taxonomia expandida – combinação	Apenas organizacional	26	25,2
Taxonomia expandida – combinação	Organizacional + técnica/sistémica	61	59,2
Taxonomia expandida – combinação	Apenas técnica/sistémica	9	8,7

Análise	Domínio ou combinação de domínios	Acidentes, n	%
Taxonomia expandida – combinação	Organizacional + regulatória/contratual	2	1,9
Taxonomia expandida – combinação	Técnica/sistémica + regulatória/contratual	2	1,9
Taxonomia expandida – combinação	Organizacional + técnica/sistémica + regulatória/contratual	3	2,9

Nota: Na primeira parte da tabela, um mesmo acidente pode estar presente em vários domínios, pelo que as percentagens não são aditivas. Na segunda parte, as combinações de domínios são mutuamente exclusivas e totalizam os 103 acidentes.

A análise de sensibilidade mostra que a utilização de uma taxonomia exclusivamente organizacional condicionava antecipadamente o resultado. Com a classificação expandida, foram identificadas causas organizacionais em 92 acidentes (89,3%), causas técnicas ou sistémicas em 75 casos (72,8%) e causas regulatórias ou contratuais em sete acidentes (6,8%).

A combinação entre causas organizacionais e técnicas ou sistémicas foi identificada em 61 acidentes (59,2%). Foram igualmente registados nove casos (8,7%) com causas exclusivamente técnicas ou sistémicas. Estes resultados mostram que as causas organizacionais permaneceram frequentes, mas não constituíram o único domínio causal identificado.

O sistema expandido de codificação das causas-raiz encontra-se detalhado na Tabela B.10 do Apêndice B, enquanto a distribuição completa das categorias de causas-raiz é apresentada na Tabela B.15. A distribuição das causas-raiz segundo os domínios organizacional, técnico/sistémico e regulatório/contratual encontra-se apresentada na Tabela B.19, e as combinações de domínios identificadas em cada acidente são apresentadas na Tabela B.20.

4.4.4 Síntese da análise causal

A análise causal dos 103 acidentes permitiu distinguir os mecanismos imediatos, as condições contributivas e os fatores subjacentes identificados nos relatórios. Não foram observados valores omissos em nenhum dos três níveis analisados.

As causas imediatas mais frequentes foram a falha de proteção contra quedas, identificada em 41 acidentes (39,8%), e a perda de estabilidade estrutural, presente em 27 casos (26,2%).

Nas causas contributivas, as categorias com maior frequência foram a proteção contra quedas e os acessos inadequados, identificados em 46 acidentes (44,7%), a estabilidade estrutural ou de escavações inadequada, presente em 29 casos (28,2%), e a gestão ou utilização inadequada de equipamentos e veículos, registada em 23 acidentes (22,3%).

Relativamente às causas-raiz, foram identificadas 306 ocorrências, distribuídas por domínios organizacionais, técnicos ou sistémicos e regulatórios ou contratuais. As causas organizacionais estiveram

presentes em 92 acidentes (89,3%), enquanto as causas técnicas ou sistémicas foram identificadas em 75 casos (72,8%).

A análise de sensibilidade demonstrou que uma taxonomia exclusivamente organizacional condicionava o enquadramento dos resultados. A classificação expandida permitiu identificar a coexistência de causas pertencentes a diferentes níveis do sistema de trabalho, sem assumir antecipadamente que todas as causas-raiz eram de natureza organizaciona.

4.5 Análise das associações estatísticas

Após a caracterização dos acidentes, dos fatores contributivos, das barreiras de segurança e das causas identificadas, procedeu-se à análise exploratória das associações entre variáveis consideradas relevantes para os objetivos da investigação.

A análise das associações permitiu avaliar a existência de relações entre categorias de acidentes, causas identificadas, falhas nas barreiras de segurança e recomendações propostas, contribuindo para uma melhor compreensão dos padrões causais presentes nos acidentes fatais analisados.

Atendendo à natureza categórica das variáveis estudadas, as associações foram analisadas tendo o acidente como unidade estatística independente. Para as variáveis que admitiam múltiplos códigos por acidente, nomeadamente as causas-raiz, as barreiras de segurança e os tipos de recomendação, foram construídos indicadores binários de presença ou ausência de cada categoria. Este procedimento impediu que o mesmo acidente fosse contabilizado como várias observações independentes no mesmo teste.

Nas tabelas de contingência foram analisadas as frequências observadas e esperadas, os resíduos ajustados e a contribuição de cada célula para o valor do qui-quadrado. O teste do qui-quadrado de independência foi utilizado quando os respetivos pressupostos foram cumpridos. Nas tabelas 2×2 com frequências esperadas reduzidas foi utilizado o teste exato de Fisher. Quando as tabelas de maior dimensão apresentaram um número elevado de frequências esperadas inferiores a cinco, a significância foi avaliada através de procedimentos de Monte Carlo por permutação.

A dimensão do efeito foi avaliada através do V de Cramér ou da odds ratio, conforme a estrutura da tabela. Nos conjuntos de testes múltiplos, os valores de p foram ajustados pelo método de Holm, de modo a controlar o aumento da probabilidade de erro do tipo I.

As associações analisadas foram selecionadas em função da sua relevância para a compreensão dos mecanismos causais dos acidentes e para a avaliação da capacidade das organizações em transformar os resultados das investigações em medidas preventivas adequadas.

4.5.1 Variáveis analisadas

Para a realização da análise estatística foram consideradas as seguintes variáveis:

- Categoria do acidente;

- Causa-raiz;
- Barreira de segurança falhada;
- Tipo de recomendação.

As categorias inicialmente registadas em formato descritivo foram agrupadas em categorias analíticas com base na proximidade conceptual e nos objetivos da investigação. As causas-raiz foram organizadas nos domínios organizacional, técnico/sistémico e regulatório/contratual, enquanto as recomendações foram agrupadas em seis categorias: engenharia e proteção; procedimentos e planeamento; formação e competência; gestão, supervisão e coordenação; inspeção e manutenção; e medidas legais, contratuais ou de emergência. Estes agrupamentos foram definidos antes da interpretação dos testes e não tiveram como finalidade produzir significância estatística.

A categoria analítica do acidente foi tratada como variável categórica mutuamente exclusiva, tendo sido atribuído um único enquadramento a cada um dos 103 acidentes. As causas-raiz, as barreiras de segurança e as recomendações foram tratadas como variáveis multirresposta e transformadas em indicadores binários por acidente, nos quais 1 representava a presença da categoria e 0 a sua ausência. Desta forma, cada acidente contribuiu apenas uma vez para cada tabela de contingência analisada.

4.5.2 Associação entre categoria do acidente e causas-raiz

Com o objetivo de analisar se as diferentes categorias de acidentes apresentavam distribuições distintas das causas-raiz, foi avaliada a associação entre a categoria analítica do acidente e a presença dos domínios organizacional, técnico/sistémico e regulatório/contratual.

A categoria do acidente foi tratada como variável categórica mutuamente exclusiva, sendo atribuído um único enquadramento analítico a cada um dos 103 acidentes. As causas-raiz foram tratadas como variáveis multirresposta, tendo sido construído, para cada domínio, um indicador binário de presença ou ausência. Deste modo, cada acidente contribuiu apenas uma vez para cada tabela de contingência.

Foram realizadas três análises de associação, uma para cada domínio de causa-raiz. As tabelas apresentaram oito categorias de acidente e dois estados do domínio causal, correspondendo a tabelas de dimensão 8×2.

A inspeção das frequências esperadas revelou que os pressupostos da aproximação assintótica do teste do qui-quadrado não foram cumpridos. No domínio organizacional, 12 das 16 células apresentaram frequências esperadas inferiores a cinco; no domínio técnico/sistémico, esta situação ocorreu em 11 células; e, no domínio regulatório/contratual, em 13 células. Por este motivo, a significância foi avaliada através de um procedimento de Monte Carlo baseado na permutação dos indicadores de presença ou ausência, preservando as margens das tabelas. Os valores de p foram posteriormente ajustados pelo método de Holm para os três testes realizados. A Tabela 17 apresenta a associação entre a categoria do acidente e os domínios das causas-raiz.

Tabela 17 - Associação entre a categoria do acidente e os domínios das causas-raiz

Domínio da causa-raiz	χ^2	gl	p de Monte Carlo	p ajustado de Holm	V de Cramér	Resultado
Organizacional	27,221	7	0,004	0,012	0,514	Associação estatisticamente significativa
Técnica/sistémica	19,172	7	0,005	0,012	0,431	Associação estatisticamente significativa
Regulatória/contratual	4,411	7	0,657	0,657	0,207	Não foi detetada evidência estatística de associação

Nota: A significância foi determinada através de 50 000 permutações de Monte Carlo, devido ao elevado número de células com frequências esperadas inferiores a cinco. Os valores de p foram ajustados pelo método de Holm. O V de Cramér foi utilizado como medida descritiva da dimensão do efeito.

Foi detetada evidência estatística de associação entre a categoria do acidente e a presença de causas-raiz organizacionais, após o ajustamento para comparações múltiplas, $\chi^2(7) = 27{,}221$, p ajustado = 0,012, V de Cramér = 0,514.

A análise dos resíduos ajustados mostrou que as quedas em altura apresentaram uma frequência de causas organizacionais superior à esperada sob a hipótese de independência, com 49 casos observados e 43,77 esperados, correspondendo a um resíduo ajustado de 3,34. Em sentido contrário, os colapsos estruturais apresentaram menos causas organizacionais do que o esperado, com 18 casos observados e 25,01 esperados, correspondendo a um resíduo ajustado de −5,03.

Foi igualmente detetada evidência estatística de associação entre a categoria do acidente e a presença de causas técnicas ou sistémicas, $\chi^2(7) = 19{,}172$, p ajustado = 0,012, V de Cramér = 0,431.

Os colapsos estruturais apresentaram uma frequência de causas técnicas ou sistémicas superior à esperada, com 26 casos observados e 20,39 esperados, correspondendo a um resíduo ajustado de 2,79. Nas quedas em altura foram observados 31 casos com causas técnicas ou sistémicas, comparativamente com 35,68 esperados, com um resíduo ajustado de −2,08. Nos acidentes de escavações e valas não foi identificada nenhuma causa técnica ou sistémica, apesar de serem esperados 2,18 casos, correspondendo a um resíduo ajustado de −2,88.

Relativamente ao domínio regulatório ou contratual, não foi detetada evidência estatística de associação com a categoria do acidente, $\chi^2(7) = 4{,}411$, p ajustado = 0,657, V de Cramér = 0,207. Nenhuma célula apresentou um resíduo ajustado absoluto superior a 1,96.

Estes resultados indicam que a distribuição dos domínios organizacional e técnico/sistémico variou entre as categorias de acidentes na amostra analisada. Contudo, as associações devem ser interpretadas de forma exploratória, considerando a reduzida frequência de várias categorias de acidente, a codificação

multirresposta das causas-raiz e a dependência dos resultados relativamente às definições adotadas na taxonomia.

As frequências observadas e esperadas, os resíduos ajustados e as contribuições de cada célula para o valor do qui-quadrado são apresentados nas Tabelas B.21, B.22 e B.23 do Apêndice B.

4.5.3 Associação entre barreira falhada e recomendações

Com o objetivo de avaliar se as recomendações preventivas propostas nos relatórios estavam associadas às barreiras de segurança identificadas, foram construídos indicadores binários de presença ou ausência para cada categoria de barreira e de recomendação. Cada um dos 103 acidentes constituiu uma única unidade estatística independente.

As recomendações foram agrupadas em seis categorias: engenharia e proteção; procedimentos e planeamento; formação e competência; gestão, supervisão e coordenação; inspeção e manutenção; e medidas legais, contratuais ou de emergência. Foram analisadas 96 combinações entre as 16 barreiras e as seis categorias de recomendação.

Nas tabelas 2 × 2 foi utilizado o teste do qui-quadrado quando as frequências esperadas cumpriam os pressupostos aplicáveis. Quando pelo menos uma frequência esperada era inferior a cinco, foi utilizado o teste exato de Fisher. Para controlar o erro decorrente das comparações múltiplas, os valores de p foram ajustados pelo método de Holm. A dimensão do efeito foi expressa através da odds ratio e do respetivo intervalo de confiança de 95%.

Após o ajustamento de Holm, foram identificadas duas associações estatisticamente significativas, ambas relacionadas com a barreira preventiva de formação e competência, conforme apresentado na Tabela 18. As restantes 94 comparações não apresentaram valores de p ajustados inferiores a 0,05.

Tabela 18 - Associações estatisticamente significativas entre barreiras de segurança e tipos de recomendação

Barreira	Tipo de recomendação	Teste	Tabela 2 × 2[1]	OR	IC 95%	p bruto	p ajustado de Holm
Formação e competência	Formação e competência	Qui-quadrado	20; 18; 5; 60	13,33	4,38–40,56	< 0,001	< 0,001
Formação e competência	Inspeção e manutenção	Fisher	29; 9; 64; 1	0,05	0,01–0,42	< 0,001	0,045

Nota: [1] Os valores da tabela 2 × 2 encontram-se ordenados como: barreira ausente/recomendação ausente; barreira ausente/recomendação presente; barreira presente/recomendação ausente; barreira presente/recomendação presente. OR = odds ratio; IC 95% = intervalo de confiança de 95%.

A presença de falhas relacionadas com formação e competência esteve associada a uma probabilidade superior de os relatórios incluírem recomendações da mesma natureza (OR = 13,33; IC 95%: 4,38–40,56).

Entre os 65 acidentes em que esta barreira foi identificada, 60 apresentaram recomendações de formação ou competência, comparativamente com 18 dos 38 acidentes em que a barreira não foi identificada.

Foi igualmente observada uma associação inversa entre a falha da barreira de formação e competência e a emissão de recomendações de inspeção ou manutenção (OR = 0,05; IC 95%: 0,01–0,42). Apenas um dos 65 acidentes com esta barreira apresentou recomendações de inspeção ou manutenção, comparativamente com nove dos 38 acidentes sem a referida barreira.

Não foi detetada evidência estatística de associação nas restantes combinações, após o controlo das comparações múltiplas. Este resultado não demonstra a inexistência de alinhamento entre barreiras e recomendações, devendo ser interpretado considerando a elevada prevalência de algumas categorias de recomendação, a baixa frequência de outras e a dimensão da amostra.

4.5.4 Associação entre causas-raiz e recomendações

Com o objetivo de avaliar o alinhamento entre as causas-raiz e as recomendações preventivas, foram comparados os três domínios de causa-raiz organizacional, técnico/sistémico e regulatório/contratual com as seis categorias de recomendação. Para cada domínio e categoria foi construído um indicador binário de presença ou ausência por acidente.

Foram analisadas 18 tabelas 2 × 2. O teste do qui-quadrado foi utilizado quando os pressupostos relativos às frequências esperadas foram cumpridos; nos restantes casos foi aplicado o teste exato de Fisher. Os valores de p foram ajustados pelo método de Holm. A Tabela 19 apresenta a síntese da associação entre domínios das causas-raiz e tipos de recomendação.

Tabela 19 - Síntese da associação entre domínios das causas-raiz e tipos de recomendação

Domínio da causa-raiz	Comparações realizadas, n	Menor p bruto	Menor p ajustado de Holm	Resultado após ajustamento
Organizacional	6	0,023	0,385	Sem evidência estatística de associação
Técnica/sistémica	6	0,050	0,798	Sem evidência estatística de associação
Regulatória/contratual	6	0,006	0,111	Sem evidência estatística de associação
Total	**18**			**Nenhuma associação significativa após Holm**

Não foi detetada evidência estatística de associação entre os domínios das causas-raiz e os tipos de recomendação, na amostra e com as categorizações utilizadas, após o ajustamento para comparações múltiplas.

A menor probabilidade não ajustada foi observada entre as causas regulatórias ou contratuais e as recomendações legais, contratuais ou de emergência ($p = 0,006$; $OR = 11,47$). Contudo, esta associação deixou de ser estatisticamente significativa após a correção de Holm (p ajustado = 0,111).

Também foram observados valores de p não ajustados próximos do limiar de 0,05 entre causas organizacionais e recomendações de formação ou competência ($p = 0,023$) e entre causas técnicas ou sistémicas e recomendações de formação ou competência ($p = 0,050$). Nenhum destes resultados permaneceu significativo depois do ajustamento para comparações múltiplas.

Os resultados não permitem concluir que as recomendações apresentavam baixa diferenciação ou que eram independentes das causas-raiz. A ausência de significância pode estar relacionada com a dimensão da amostra, com a baixa frequência do domínio regulatório ou contratual, com a elevada prevalência de recomendações de engenharia e procedimentos e com a consequente reduzida variabilidade de algumas tabelas.

4.5.5 Síntese da análise das associações

A análise estatística foi realizada utilizando o acidente como unidade independente. As variáveis multirresposta foram transformadas em indicadores binários, evitando que um mesmo acidente fosse contabilizado como várias observações no mesmo teste.

Foram detetadas associações estatisticamente significativas entre a categoria do acidente e os domínios organizacional e técnico/sistémico das causas-raiz, após o ajustamento pelo método de Holm. As quedas em altura apresentaram uma frequência de causas organizacionais superior à esperada, enquanto os colapsos estruturais apresentaram uma frequência inferior à esperada neste domínio e superior à esperada no domínio técnico/sistémico. Não foi detetada evidência estatística de associação entre a categoria do acidente e o domínio regulatório ou contratual.

Na associação entre barreiras de segurança e tipos de recomendação, foram analisadas 96 combinações. Após a correção de Holm, foram identificadas duas associações estatisticamente significativas, ambas relacionadas com a barreira de formação e competência. Os acidentes em que esta barreira foi identificada apresentaram maior probabilidade de incluir recomendações de formação ou competência e menor probabilidade de incluir recomendações de inspeção ou manutenção.

Na análise entre os domínios das causas-raiz e os tipos de recomendação, nenhuma das 18 comparações permaneceu estatisticamente significativa após o ajustamento para comparações múltiplas. Assim, não foi detetada evidência estatística de associação na amostra e com a categorização utilizadas. Este resultado não demonstra a inexistência de associação e deve ser interpretado considerando a dimensão da amostra, a baixa frequência de algumas categorias e a reduzida variabilidade de determinados tipos de recomendação.

Na taxonomia expandida, foram identificadas causas-raiz organizacionais em 92 acidentes (89,3%), causas técnicas ou sistémicas em 75 casos (72,8%) e causas regulatórias ou contratuais em sete acidentes (6,8%).

Estes resultados dependem das definições e regras de codificação adotadas, verificando-se frequentemente a coexistência de causas pertencentes a diferentes domínios.

Consequentemente, os resultados obtidos justificam a realização da análise da coerência causal-preventiva apresentada na secção seguinte, permitindo avaliar não apenas a presença de associações estatísticas, mas também o alinhamento substantivo entre causas, barreiras e medidas preventivas.

4.6 Coerência causal-preventiva

A investigação de acidentes constitui uma ferramenta fundamental para a melhoria contínua da segurança. Contudo, a simples identificação das causas dos acidentes não garante, por si só, a prevenção de eventos futuros. A eficácia do processo de investigação depende da capacidade das organizações para transformar o conhecimento produzido em medidas preventivas adequadas e direcionadas para os fatores causais identificados.

Neste contexto, a coerência causal-preventiva refere-se ao grau de alinhamento entre as causas identificadas durante a investigação dos acidentes, as barreiras de segurança que falharam e as recomendações propostas para prevenir a ocorrência de eventos semelhantes.

A avaliação desta coerência permite verificar se as medidas recomendadas atuam efetivamente sobre os fatores causais identificados ou se se limitam a intervenções genéricas com reduzida capacidade de prevenção sistémica.

4.6.1 Critérios de avaliação da coerência causal-preventiva

Para avaliar a coerência causal-preventiva foi aplicada a grelha de classificação descrita na Secção 3.10, baseada na comparação sistemática entre a causa-raiz identificada, a barreira de segurança cuja falha contribuiu para o acidente e a recomendação preventiva proposta.

- Causa-raiz identificada;
- Barreira de segurança falhada;
- Recomendação proposta.

A unidade de análise correspondeu ao acidente. Quando um relatório apresentava várias causas-raiz, barreiras ou recomendações, a classificação considerou o conjunto dos elementos documentados no caso e não cada código como uma observação independente.

A avaliação incidiu sobre duas dimensões complementares: a cobertura causal, correspondente ao grau em que as recomendações respondiam às causas-raiz identificadas; e a cobertura das barreiras, correspondente ao grau em que as recomendações restabeleciam ou reforçavam as barreiras ausentes, inadequadas ou ineficazes.

A partir da relação entre estes elementos, foram definidos três níveis de coerência causal-preventiva, conforme apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Critérios operacionais de classificação da coerência causal-preventiva

Nível de coerência	Cobertura das causas-raiz	Cobertura das barreiras	Regra de classificação
Elevada	A recomendação responde diretamente à principal causa-raiz e às fragilidades causais relevantes	Reforça ou restabelece a principal barreira falhada	Existe correspondência direta e documentalmente identificável nas duas dimensões
Parcial	A recomendação responde a parte das causas ou às respetivas manifestações, mas não cobre integralmente a principal fragilidade	Reforça apenas parte das barreiras identificadas ou atua num nível menos profundo	Existe alinhamento preventivo, mas a cobertura é incompleta
Desalinhamento	A recomendação não responde de forma identificável às causas-raiz documentadas	Não restabelece as barreiras relevantes ou não apresenta relação evidente com o caso	Não existe correspondência causal-preventiva documentalmente demonstrável

Nos casos em que existiam várias recomendações, foi considerada a capacidade do respetivo conjunto para responder às causas e barreiras identificadas. A simples presença de uma recomendação tecnicamente adequada não foi suficiente para classificar o caso como coerência elevada quando permaneciam por tratar causas-raiz ou barreiras centrais.

Nos casos limítrofes entre duas classes foi adotada a categoria menos favorável, como regra conservadora de decisão.

A classificação foi efetuada por um único investigador. Não foi possível realizar uma avaliação independente por um segundo codificador, pelo que não foram calculadas medidas de concordância interavaliadores, como a percentagem de acordo ou o kappa de Cohen. Esta circunstância constitui uma limitação metodológica e deve ser considerada na interpretação dos resultados.

4.6.2 Relação entre causas-raiz, barreiras falhadas e recomendações

A taxonomia expandida mostrou que as causas-raiz não eram exclusivamente organizacionais. Foram identificadas causas organizacionais em 92 acidentes (89,3%), causas técnicas ou sistémicas em 75 casos (72,8%) e causas regulatórias ou contratuais em sete acidentes (6,8%), verificando-se frequentemente a coexistência de diferentes domínios causais.

Paralelamente, as barreiras de segurança mais frequentemente envolvidas nos acidentes analisados incluíram sistemas de proteção contra quedas, estabilidade estrutural temporária, controlo de energias perigosas, gestão de equipamentos e mecanismos de supervisão operacional.

As recomendações constantes dos relatórios incluíam medidas de engenharia e proteção, procedimentos e planeamento, formação e competência, gestão, supervisão e coordenação, inspeção e manutenção e, em menor frequência, medidas legais, contratuais ou de resposta a emergências.

A análise estatística não detetou associações entre os domínios das causas-raiz e os tipos de recomendação após a correção para comparações múltiplas. Este resultado não demonstra ausência de alinhamento nos casos individuais, mas indica que as categorias agregadas de recomendação não variaram de forma estatisticamente demonstrável entre os domínios causais considerados.

4.6.3 Avaliação da coerência causal-preventiva

A análise estatística das associações e a avaliação da coerência causal-preventiva respondem a questões distintas. Os testes estatísticos analisaram se a frequência das categorias de recomendação variava globalmente em função das causas-raiz ou das barreiras. A avaliação da coerência examinou individualmente cada acidente, verificando se o conteúdo das recomendações respondia às causas e barreiras documentadas naquele caso.

Consequentemente, a ausência de associação estatística entre categorias agregadas não é incompatível com a existência de alinhamento em acidentes individuais. Recomendações pertencentes à mesma categoria geral podem apresentar diferentes níveis de especificidade e adequação ao contexto causal de cada acidente.

Para aprofundar esta análise, cada acidente foi classificado mediante a aplicação sistemática da grelha metodológica descrita na Secção 3.10, comparando-se, em cada caso, a causa-raiz identificada, a barreira de segurança cuja falha contribuiu para o acidente e as recomendações preventivas constantes do respetivo relatório. A distribuição dos acidentes pelos diferentes níveis de coerência causal-preventiva encontra-se apresentada na Tabela 21.

Tabela 21 - Distribuição dos níveis de coerência causal-preventiva

Nível de coerência	**n**	%
Elevada	62	60.2
Parcial	31	30.1
Desalinhamento	10	9.7
Total	103	100

A classificação atribuiu coerência elevada a 62 acidentes (60,2%). Nestes casos, o conjunto das recomendações apresentava correspondência direta com as principais causas-raiz e com as barreiras identificadas.

Em 31 acidentes (30,1%), a coerência foi classificada como parcial. Nestes casos, as recomendações abordavam determinados fatores causais ou barreiras, mas não respondiam integralmente às principais fragilidades documentadas.

Os restantes dez acidentes (9,7%) foram classificados como desalinhados, por não ter sido identificada correspondência suficiente entre as recomendações e as causas ou barreiras centrais.

O valor de 60,2% deve ser interpretado como resultado de uma classificação analítica baseada em critérios operacionais e aplicada por um único investigador. Não constitui uma medida inteiramente objetiva nem foi confirmado através de concordância interavaliadores.

Análise de sensibilidade.

Para avaliar a dependência dos resultados relativamente aos limites adotados entre as classes, foi realizada uma análise de sensibilidade baseada em três cenários de interpretação da categoria parcial.

No cenário conservador, apenas os casos inicialmente classificados com coerência elevada foram considerados alinhados. Os casos parciais foram agrupados com os casos de desalinhamento, por não apresentarem cobertura integral das causas e barreiras.

No cenário principal, foi mantida a distribuição original em três níveis.

No cenário permissivo, os casos de coerência parcial foram agrupados com os casos de coerência elevada, por apresentarem pelo menos algum alinhamento documentalmente identificável entre recomendações, causas ou barreiras. A Tabela 22 apresenta a análise de sensibilidade da coerência causal-preventiva.

Tabela 22 - Análise de sensibilidade da coerência causal-preventiva

Cenário	Regra de interpretação	Casos considerados alinhados, n	%	Casos considerados não alinhados, n	%
Conservador	**Apenas a classe elevada é considerada alinhada**	62	60,2	41	39,8
Principal	**Mantêm-se separadas as classes elevada, parcial e desalinhamento**	62 elevados; 31 parciais	60,2 elevados; 30,1 parciais	10 desalinhados	9,7
Permissivo	**As classes elevada e parcial são consideradas alinhadas**	93	90,3	10	9,7

Nota: A análise corresponde a uma avaliação de limites e não a uma nova classificação independente dos 103 acidentes. O cenário conservador considera alinhamento apenas quando a cobertura foi classificada como elevada; o cenário permissivo considera também os casos com cobertura parcial.

No cenário conservador, a proporção de acidentes considerados alinhados foi de 60,2% (62/103). No cenário permissivo, essa proporção aumentou para 90,3% (93/103). Assim, a estimativa do alinhamento causal-preventivo variou 30,1 pontos percentuais em função do tratamento atribuído à classe parcial.

Este resultado demonstra que a conclusão sobre a proporção global de alinhamento é sensível à definição operacional utilizada. Em contrapartida, os 62 casos classificados com coerência elevada permaneceram alinhados nos dois cenários, enquanto os dez casos de desalinhamento permaneceram não alinhados. A principal incerteza concentrou-se, portanto, nos 31 casos da classe parcial.

A diferença entre os resultados das associações estatísticas e da avaliação da coerência não constitui uma contradição. A primeira abordagem compara frequências entre categorias agregadas; a segunda avalia a correspondência substantiva entre causas, barreiras e recomendações dentro de cada acidente.

Ainda assim, a ausência de dupla avaliação independente, a utilização de uma grelha construída para o presente estudo e a sensibilidade dos resultados ao tratamento da classe parcial recomendam prudência na interpretação do valor de 60,2%.

4.6.4 Implicações para a prevenção de acidentes

Os resultados obtidos reforçam a importância de abordagens de investigação orientadas para a aprendizagem organizacional e para a prevenção sistémica de acidentes.

A eficácia da investigação não deve ser avaliada exclusivamente pela capacidade de identificar causas, mas também pela capacidade de gerar recomendações capazes de atuar sobre os fatores que contribuíram para a ocorrência dos acidentes.

Neste sentido, a coerência causal-preventiva pode ser entendida como um indicador complementar da qualidade das investigações de acidentes, permitindo avaliar até que ponto as recomendações emitidas contribuem efetivamente para o reforço das barreiras de segurança e para a mitigação das fragilidades organizacionais identificadas.

A utilização deste indicador exige critérios explícitos, regras de decisão reproduzíveis e rastreabilidade entre as causas, as barreiras, as recomendações e a classificação final.

Em estudos futuros, recomenda-se que a grelha seja aplicada por pelo menos dois avaliadores independentes, que sejam calculadas medidas de concordância interavaliadores e que os casos de desacordo sejam resolvidos através de consenso previamente definido. Recomenda-se igualmente a validação da grelha em amostras externas e a comparação entre diferentes limiares de classificação.

A análise realizada demonstra que a transformação do conhecimento produzido pela investigação em ações preventivas adequadamente direcionadas constitui um elemento essencial para a promoção da aprendizagem organizacional e para a melhoria contínua da segurança.

4.7 Aprendizagem organizacional derivada dos acidentes

A aprendizagem organizacional constitui um dos principais objetivos da investigação de acidentes, permitindo transformar eventos passados em conhecimento preventivo aplicável a atividades futuras.

No presente estudo, a aprendizagem organizacional foi entendida como a tradução dos padrões identificados nos acidentes em medidas preventivas, responsabilidades, indicadores e mecanismos de verificação aplicáveis a contextos de trabalho semelhantes.

A análise não pressupôs que todas as oportunidades de aprendizagem fossem exclusivamente organizacionais. Foram considerados fatores organizacionais, técnicos ou sistémicos e, quando aplicável, regulatórios ou contratuais, de acordo com a taxonomia expandida das causas-raiz.

A análise dos 103 acidentes fatais permitiu identificar padrões recorrentes relacionados com fragilidades na gestão da segurança, planeamento inadequado, insuficiências de formação, deficiências de supervisão e limitações na avaliação e no controlo dos riscos. Foram igualmente identificadas deficiências de projeto, engenharia, estabilidade, conceção de equipamentos e arquitetura das proteções.

Estes padrões foram utilizados para definir áreas de aprendizagem aplicáveis a diferentes níveis do sistema de trabalho, sem assumir que todas as medidas seriam pertinentes em todos os contextos.

4.7.1 Principais áreas de aprendizagem organizacional

A análise integrada das causas-raiz, das barreiras falhadas e das recomendações permitiu identificar cinco áreas prioritárias de aprendizagem organizacional, conforme apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 - Principais áreas de aprendizagem identificadas

Área de aprendizagem	Evidência observada	Implicação preventiva
Gestão da segurança	Causas relacionadas com sistema de gestão, políticas e procedimentos identificadas em 73 acidentes (70,9%)	Reforço dos processos de gestão, definição de responsabilidades e controlo operacional
Planeamento e avaliação de riscos	Falhas de planeamento e gestão operacional identificadas em 42 acidentes (40,8%) e falhas de avaliação, inspeção e controlo em 21 casos (20,4%)	Melhoria da preparação das atividades críticas, avaliação dos riscos e controlo das alterações
Formação e competência	Causas relacionadas com formação e competência identificadas em 30 acidentes (29,1%)	Reforço da capacitação, validação das competências e autorização para tarefas críticas
Supervisão e controlo operacional	Deficiências de supervisão e controlo operacional identificadas em 25 acidentes (24,3%)	Fortalecimento da supervisão competente, monitorização das atividades e autoridade para interromper os trabalhos

Área de aprendizagem	Evidência observada	Implicação preventiva
Gestão das barreiras e soluções técnicas	Causas técnicas ou sistémicas identificadas em 75 acidentes (72,8%), incluindo projeto, estabilidade, equipamentos e arquitetura das proteções	Priorização de medidas de engenharia, proteção coletiva, estabilidade temporária, inspeção e manutenção

Nota: As frequências não são aditivas, uma vez que um mesmo acidente podia apresentar várias causas e integrar diferentes áreas de aprendizagem.

4.7.2 Padrões de aprendizagem identificados

Os resultados demonstram que muitos acidentes apresentaram mecanismos causais semelhantes, apesar de envolverem atividades, locais de trabalho e circunstâncias distintas.

As quedas em altura e os colapsos estruturais, que representaram a maioria dos acidentes analisados, evidenciaram fragilidades recorrentes relacionadas com o planeamento dos trabalhos, a gestão das barreiras de proteção, a supervisão operacional e a verificação das condições de segurança.

A análise estatística mostrou ainda que as quedas em altura apresentaram uma frequência de causas organizacionais superior à esperada, enquanto os colapsos estruturais apresentaram uma frequência superior de causas técnicas ou sistémicas. Este resultado indica que as medidas de aprendizagem devem considerar as especificidades causais de cada categoria de acidente.

De igual modo, os acidentes associados a equipamentos, cargas suspensas, escavações e energias perigosas revelaram padrões semelhantes de degradação das barreiras de controlo e insuficiências ao nível da gestão preventiva dos riscos.

A recorrência das categorias não significa que a mesma medida preventiva seja aplicável a todos os casos. A seleção das ações deve considerar o contexto, a atividade, o perigo, as barreiras disponíveis, os requisitos legais ou normativos e as condições de execução.

Os resultados sustentam a necessidade de combinar aprendizagem transversal aplicável a diferentes atividades com aprendizagem específica para determinados mecanismos, equipamentos ou contextos de trabalho.

4.7.3 Da investigação à prevenção

A análise realizada demonstra que a investigação de acidentes não deve ser encarada apenas como um mecanismo de explicação do passado, mas como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão preventiva.

Neste contexto, a aprendizagem organizacional assume um papel central na transformação das conclusões das investigações em ações concretas destinadas a reforçar as barreiras de segurança, melhorar os processos organizacionais e reduzir a exposição dos trabalhadores aos riscos.

A eficácia deste processo depende da capacidade das organizações para identificar padrões recorrentes, disseminar o conhecimento adquirido e integrar as lições aprendidas nos sistemas de gestão, planeamento, supervisão e controlo das atividades.

Para que essa transformação seja verificável, as ações de aprendizagem devem incluir um responsável, um contexto de aplicação, pré-condições, prazos ou periodicidades, indicadores, fontes de evidência e critérios para avaliar a sua implementação e eficácia.

As metas associadas aos indicadores devem distinguir entre requisitos legais ou normativos, condições mínimas de segurança, boas práticas e objetivos internos de desempenho. Valores absolutos, incluindo metas de 100%, apenas devem ser utilizados quando exista uma obrigação legal, normativa ou uma condição de segurança que não admita incumprimento.

4.7.4 Síntese da aprendizagem organizacional

A análise dos acidentes fatais estudados permitiu concluir que as principais oportunidades de aprendizagem organizacional estão associadas ao reforço dos sistemas de gestão da segurança, à melhoria do planeamento das atividades críticas, ao desenvolvimento de competências, ao fortalecimento da supervisão operacional e à gestão eficaz das barreiras críticas de segurança.

A taxonomia expandida mostrou igualmente a relevância das intervenções técnicas ou sistémicas, nomeadamente ao nível do projeto, da engenharia, da estabilidade temporária, da fiabilidade dos equipamentos e da arquitetura das proteções.

Os resultados sugerem que a prevenção de acidentes fatais na construção civil exige uma abordagem sistémica, orientada não apenas para a correção de falhas individuais, mas também para a identificação e mitigação das fragilidades organizacionais, técnicas e contextuais que contribuem para a degradação progressiva das barreiras de segurança.

A aplicabilidade das medidas não deve ser assumida de forma universal. Cada ação deve ser associada às condições em que é pertinente, aos recursos necessários, ao responsável pela implementação e à evidência exigida para confirmar a sua concretização.

Consequentemente, a aprendizagem organizacional emerge como um mecanismo essencial para transformar os resultados da investigação de acidentes em conhecimento preventivo capaz de apoiar a melhoria contínua do desempenho em segurança.

4.8 Matriz de Aprendizagem Organizacional

A análise dos 103 acidentes fatais permitiu identificar padrões recorrentes de causalidade, falhas nas barreiras de segurança e fragilidades organizacionais comuns a diferentes atividades da construção civil.

Com base nos resultados obtidos, foi desenvolvida uma proposta de matriz de aprendizagem organizacional, destinada a sistematizar o conhecimento extraído dos acidentes e a apoiar a definição de medidas preventivas futuras.

A matriz proposta estabelece uma ligação entre os mecanismos de acidente, as causas-raiz identificadas, as barreiras de segurança envolvidas, as principais lições aprendidas e as ações preventivas prioritárias.

A estrutura da matriz foi revista de modo a distinguir a evidência obtida nos acidentes analisados das condições necessárias à aplicação das medidas em contexto real. Para esse efeito, foram incluídos o contexto de aplicação, as condições de aplicabilidade, as pré-condições, o responsável, a frequência de verificação, a fonte de evidência e o fundamento da meta associada ao indicador.

Adicionalmente, foi incluído um indicador de verificação preventiva concebido para facilitar a potencial aplicação da matriz em contexto operacional, procurando transformar as lições aprendidas em critérios operacionais de apoio ao controlo e acompanhamento das condições de segurança em obra.

Os indicadores não devem ser interpretados como metas universais ou automaticamente aplicáveis a qualquer organização. A sua utilização depende do tipo de atividade, da legislação aplicável, dos requisitos contratuais, dos recursos disponíveis, da maturidade do sistema de gestão e da validação interna da sua exequibilidade.

As metas foram classificadas segundo quatro tipos de fundamento: requisito legal ou normativo; condição mínima de segurança; boa prática recomendada; ou meta interna proposta. Os valores de 100% foram mantidos apenas quando correspondem a uma condição que não admite incumprimento, designadamente a existência de proteção adequada antes do início de trabalhos críticos, a aprovação técnica de estruturas temporárias ou o isolamento de energias perigosas.

Deste modo, a matriz constitui uma proposta conceptual orientada para apoiar a transformação da informação produzida durante a investigação de acidentes em conhecimento organizacional aplicável à gestão preventiva da segurança, conforme apresentado na Tabela 24. A sua aplicabilidade em contexto organizacional deverá, contudo, ser objeto de validação em estudos futuros.

A matriz não foi testada em contexto operacional nem submetida a avaliação de exequibilidade por organizações de construção. A sua aplicabilidade deverá, por isso, ser validada em estudos futuros, mediante aplicação-piloto, avaliação dos recursos necessários, análise da adequação dos indicadores e verificação da sua capacidade para antecipar ou reduzir falhas nas barreiras de segurança.

Tabela 24 - Matriz de Aprendizagem Organizacional derivada dos acidentes fatais analisados

Categoria de acidente	Evidência causal e barreiras identificadas	Principal aprendizagem	Contexto e condições de aplicabilidade	Pré-condições	Ação preventiva prioritária	Indicador de verificação preventiva	Meta proposta	Fundamento da meta	Responsável	Frequência de verificação	Fonte e nível de evidência
Quedas em altura	Falhas de planeamento, proteção coletiva, acessos, ancoragens, proteção individual, supervisão e formação	As medidas contra quedas devem ser definidas antes da exposição e verificadas durante a execução	Trabalhos em coberturas, bordos, aberturas, andaimes, plataformas elevatórias, escadas e estruturas em altura; aplicável quando exista risco de queda para nível inferior	Avaliação de riscos; método de trabalho; identificação dos pontos de acesso; definição da hierarquia de proteção; verificação das estruturas de suporte e ancoragens	Priorizar eliminação do trabalho em altura, proteção coletiva, acessos seguros e, quando necessário, sistemas individuais devidamente concebidos	Percentagem de atividades em altura iniciadas com avaliação de riscos, proteção definida, acessos verificados e, quando aplicável, ancoragens aprovadas	100% antes da exposição ao risco	Condição mínima de segurança e cumprimento dos requisitos aplicáveis; o trabalho não deve iniciar sem proteção adequada	Direção de obra; responsável de segurança; encarregado; pessoa competente para sistemas contra quedas	Antes do início; após alterações; inspeção periódica durante os trabalhos	Registos de avaliação de riscos, autorizações, inspeções, projetos de ancoragem e observações de campo; evidência elevada quando documental e confirmada no local
Colapsos estruturais	Falhas de projeto, estabilidade	A estabilidade temporária	Cofragens, cimbramentos, treliças,	Projeto ou memória de cálculo;	Implementar projeto, verificação e	Percentagem de estruturas	100%	Condição técnica mínima;	Projetista; diretor técnico;	Antes da montagem; antes do	Projetos, memórias de cálculo,

Categoria de acidente	Evidência causal e barreiras identificadas	Principal aprendizagem	Contexto e condições de aplicabilidade	Pré-condições	Ação preventiva prioritária	Indicador de verificação preventiva	Meta proposta	Fundamento da meta	Responsável	Frequência de verificação	Fonte e nível de evidência
	temporária, escoramento, contraventamento, sequência construtiva, inspeção e gestão de alterações	deve ser tratada como requisito técnico crítico em todas as fases construtivas	estruturas metálicas ou pré-fabricadas, demolições, elementos parcialmente montados e estruturas sujeitas a cargas temporárias	sequência de montagem ou desmontagem; definição de escoramentos; aprovação de alterações; identificação das cargas admissíveis	aprovação formal das estruturas temporárias e das sequências críticas	temporárias ou configurações críticas com aprovação técnica antes de carregamento, utilização, alteração ou remoção de suportes		não deve existir carregamento ou utilização sem validação de engenharia	responsável de estruturas temporárias; pessoa competente	carregamento; após alterações; nas fases críticas definidas no projeto	termos de aprovação, inspeções e registos de alteração; evidência elevada quando assinada por técnico competente
Escavações e valas	Falhas de avaliação do solo, escoramento, taludes, acessos, inspeção, exclusão e	A segurança das escavações depende da avaliação contínua das condições do	Escavações com risco de soterramento, instabilidade de taludes, acumulação de água,	Caracterização do terreno; método de escavação; solução de proteção;	Aplicar escoramento, taludamento ou sistema equivalente e realizar inspeções por	Percentagem de escavações inspecionadas antes da entrada, após chuva,	100% nas condições que desencadeiam nova inspeção	Condição mínima de segurança associada à entrada e permanênci	Responsável de escavação; pessoa competente; encarregado; segurança	Antes do início de cada turno; após alterações; após eventos que possam	Registos de inspeção, avaliação do terreno, projeto de escoramento,

Categoria de acidente	Evidência causal e barreiras identificadas	Principal aprendizagem	Contexto e condições de aplicabilidade	Pré-condições	Ação preventiva prioritária	Indicador de verificação preventiva	Meta proposta	Fundamento da meta	Responsável	Frequência de verificação	Fonte e nível de evidência
	controlo de alterações	terreno e da proteção contra colapso	cargas próximas, vibrações ou interferências subterrâneas	acessos seguros; controlo de água; localização de serviços enterrados	pessoa competente	vibração, alteração do terreno ou modificação da proteção		a em escavações		comprometer a estabilidade	fotografias e observação de campo; evidência elevada quando combinada
Equipamentos móveis e maquinaria	Falhas de seleção, competência, inspeção, manutenção, visibilidade, zonas de perigo, supervisão e procedimentos	A operação segura exige controlo simultâneo do equipamento, do operador e da interação com terceiros	Operação de máquinas móveis, plataformas elevatórias, gruas, escavadoras, empilhadores e equipamentos com partes móveis ou	Equipamento adequado à tarefa; inspeção válida; operador autorizado; definição da zona de operação; avaliação de visibilidade e pontos cegos	Verificar competência, estado do equipamento, dispositivos de segurança e segregação da área operacional	Percentagem de operações críticas realizadas com operador autorizado, equipamento inspecionado e zona de	100% para autorização do operador e inspeção pré-uso; ≥ 95% para verificações programadas concluídas no prazo	Condição mínima para autorização e meta interna para desempenho programado	Gestor de equipamentos; manutenção; encarregado; segurança; operador	Antes da utilização; inspeções programadas; após avaria, alteração ou incidente	Autorizações, listas de verificação, inspeções, manutenção e observação de campo; evidência elevada quando documental e funcional

Categoria de acidente	Evidência causal e barreiras identificadas	Principal aprendizagem	Contexto e condições de aplicabilidade	Pré-condições	Ação preventiva prioritária	Indicador de verificação preventiva	Meta proposta	Fundamento da meta	Responsável	Frequência de verificação	Fonte e nível de evidência
			zonas de esmagamento			operação controlada					
Objetos, cargas e materiais	Falhas de planeamento da elevação, acessórios, estabilidade das cargas, zonas de exclusão, comunicação e posicionamento	A movimentação de cargas deve ser planeada como operação crítica, com controlo da carga e da área envolvente	Elevação, movimentação, armazenamento, descarga e posicionamento de materiais ou componentes com potencial de queda, balanço ou esmagamento	Peso e centro de gravidade conhecidos; equipamento e acessórios adequados; plano de elevação quando aplicável; sinaleiro; zona de exclusão	Preparar plano de elevação ou método equivalente, inspecionar acessórios e impedir permanência sob cargas	Percentagem de operações de elevação críticas com plano aprovado, acessórios inspecionados e zona de exclusão implementada	100% nas operações classificadas como críticas	Condição mínima de segurança e boa prática técnica para operações críticas	Responsável de elevação; operador; sinaleiro; encarregado; segurança	Antes de cada operação crítica; inspeção pré-uso; após alteração da configuração	Plano de elevação, certificados, inspeções, briefing e observação da zona de exclusão; evidência elevada quando verificável no local
Interação veículo–trabalhador	Falhas de segregação, plano de circulação,	A separação física entre pessoas e veículos deve	Estaleiros, frentes de obra, zonas de carga e	Mapeamento de fluxos; identificação de pontos de	Implementar plano de tráfego, segregação	Percentagem de zonas com interação	100% das zonas de conflito identificada	Condição mínima para identificaçã	Direção de obra; logística; encarregado;	Na implantação; após alterações	Plano de circulação, inspeções, registos de

Categoria de acidente	Evidência causal e barreiras identificadas	Principal aprendizagem	Contexto e condições de aplicabilidade	Pré-condições	Ação preventiva prioritária	Indicador de verificação preventiva	Meta proposta	Fundamento da meta	Responsável	Frequência de verificação	Fonte e nível de evidência
	visibilidade, sinalização, observadores, comunicação e controlo de acessos	ser privilegiada face à dependência de sinais ou comportamento individual	descarga, circulação interna, manobras de marcha-atrás e interfaces com vias públicas	conflito; rotas pedonais; definição de sentidos e velocidades; iluminação e sinalização	física, controlo de manobras e restrição de acessos	veículo–trabalhador avaliadas e com medida de segregação ou controlo definida	s; ≥ 90% das melhorias não críticas concluídas no prazo definido	o e meta interna para fecho de ações	segurança; responsáveis de transporte	de layout; inspeções semanais ou conforme o risco	ações, observação de campo e dados de quase-acidentes; evidência moderada a elevada
Eletricidade	Falhas de identificação de linhas, distâncias de segurança, desenergização, isolamento, autorização e coordenação	O risco elétrico deve ser eliminado ou isolado antes da aproximação ou intervenção	Trabalhos junto de linhas aéreas ou subterrâneas, instalações temporárias, quadros, equipamentos energizados e manutenção elétrica	Identificação das fontes; determinação de tensões e distâncias; coordenação com entidade responsável; autorização; competência técnica	Priorizar desenergização, isolamento, barreiras, sinalização e controlo das distâncias	Percentagem de trabalhos elétricos ou em proximidade iniciados com fonte identificada, condição energética confirmada	100%	Requisito legal, normativo e condição mínima de segurança	Responsável elétrico; direção de obra; segurança; entidade detentora da instalação	Antes do trabalho; após alteração; verificação contínua durante atividades em proximidade	Autorizações, esquemas, registos de isolamento, testes de ausência de tensão e observação; evidência elevada quando

Categoria de acidente	Evidência causal e barreiras identificadas	Principal aprendizagem	Contexto e condições de aplicabilidade	Pré-condições	Ação preventiva prioritária	Indicador de verificação preventiva	Meta proposta	Fundamento da meta	Responsável	Frequência de verificação	Fonte e nível de evidência
						e medidas de isolamento ou distância aprovadas					tecnicamente validada
Libertação de energia perigosa	Falhas de isolamento, bloqueio, descarga de energia residual, procedimentos, comunicação e verificação	O isolamento deve controlar todas as fontes de energia e ser confirmado antes da intervenção	Manutenção, limpeza, desobstrução, reparação ou acesso a equipamentos com energia elétrica, mecânica, hidráulica, pneumática, gravitacional ou térmica	Inventário das fontes; procedimento de bloqueio; dispositivos adequados; identificação dos intervenientes; método de verificação de energia zero	Implementar bloqueio, etiquetagem, isolamento, dissipação da energia residual e teste de eficácia	Percentagem de intervenções abrangidas por controlo de energias realizadas com isolamento documentado e verificação de energia zero	100%	Condição mínima de segurança; nenhuma intervenção deve ocorrer sem isolamento eficaz	Responsável de manutenção; operador autorizado; segurança; encarregado	Antes de cada intervenção; após transferência de turno; após alteração da fonte ou condição	Registo de bloqueio, autorização, teste de energia zero e auditoria de campo; evidência elevada quando documental e observável

Nota: A matriz apresenta uma proposta de aplicação e não um conjunto de obrigações universais. A seleção dos indicadores, metas, responsáveis e frequências deve ser adaptada ao contexto legal, técnico e organizacional. As metas de 100% correspondem apenas a requisitos ou condições mínimas cuja ausência expõe diretamente os trabalhadores a riscos críticos. As restantes metas constituem objetivos internos propostos e devem ser validadas quanto à sua exequibilidade.

4.8.1 Aplicação da matriz à prevenção de acidentes

A matriz desenvolvida permite consolidar o conhecimento obtido através da investigação dos acidentes e disponibilizá-lo de forma estruturada para apoio à tomada de decisão preventiva.

A inclusão dos indicadores de verificação preventiva permite ainda utilizar a matriz como uma ferramenta de apoio ao controlo operacional, facilitando a avaliação prévia das condições críticas associadas às atividades de maior risco.

A aplicação da matriz deverá iniciar-se pela seleção da categoria de acidente ou do perigo relevante, seguida da verificação das condições de aplicabilidade e das pré-condições indicadas. Apenas depois desta análise devem ser definidos o indicador, a meta, o responsável e a frequência de acompanhamento.

Até que sejam concluídas a validação de conteúdo, a avaliação da fiabilidade, a aplicação-piloto e a avaliação de impacto, a matriz deverá ser utilizada apenas em contexto exploratório, académico ou de desenvolvimento supervisionado. Não deverá fundamentar isoladamente decisões críticas de segurança, demonstrar conformidade legal ou substituir a avaliação técnica efetuada por profissionais competentes.

Ao estabelecer relações entre categorias de acidentes, causas-raiz, barreiras críticas e ações preventivas, a matriz facilita a identificação de vulnerabilidades recorrentes e contribui para a definição de estratégias de prevenção mais eficazes.

A inclusão da fonte e do nível de evidência permite distinguir medidas verificadas apenas documentalmente de medidas confirmadas no local. Esta distinção reduz o risco de considerar implementada uma ação cuja existência formal não corresponde à prática operacional.

A frequência de verificação deverá ser ajustada à criticidade da atividade, à duração dos trabalhos, à possibilidade de alteração das condições e ao histórico de desvios. Atividades críticas podem exigir verificação antes de cada tarefa, enquanto indicadores de gestão podem ser acompanhados semanal, mensal ou trimestralmente.

Esta abordagem permite igualmente ultrapassar uma perspetiva reativa da segurança, centrada exclusivamente na análise de acidentes já ocorridos, favorecendo uma gestão orientada para a antecipação dos riscos e para o reforço das barreiras críticas de segurança.

Antes de uma utilização organizacional ampla, recomenda-se a realização de uma aplicação-piloto numa obra ou conjunto limitado de atividades. A aplicação-piloto deverá avaliar a clareza dos critérios, a disponibilidade dos dados, o tempo necessário para recolha de evidência, a capacidade dos responsáveis e a utilidade dos indicadores para a tomada de decisão.

4.8.2 Contributo da matriz para a aprendizagem organizacional

A matriz proposta constitui um mecanismo de transferência do conhecimento produzido durante a investigação de acidentes para os processos de gestão da segurança.

A sua utilização pode apoiar atividades de planeamento, formação, supervisão, avaliação de riscos e revisão de procedimentos, contribuindo para a disseminação das lições aprendidas e para a prevenção da recorrência de acidentes semelhantes.

A matriz permite igualmente associar cada aprendizagem a um contexto, a condições prévias e a evidências de implementação, reduzindo a utilização de recomendações genéricas ou desligadas das condições reais de trabalho.

A identificação do responsável e da frequência de verificação favorece a responsabilização, o acompanhamento e a integração das aprendizagens nos processos regulares de gestão da obra.

Contudo, a existência de um indicador não demonstra, por si só, a eficácia preventiva da medida. A eficácia deverá ser avaliada mediante dados de implementação, inspeções, observações de campo, desvios, quase-acidentes, falhas de barreiras e, quando possível, comparação temporal dos resultados.

Desta forma, a matriz de aprendizagem organizacional transforma os resultados da investigação em conhecimento preventivo estruturado, promovendo a melhoria contínua dos sistemas de gestão da segurança e o reforço da capacidade organizacional para controlar os riscos presentes nas atividades de construção.

Em estudos futuros, recomenda-se validar a matriz com profissionais de segurança, responsáveis de obra, projetistas e supervisores, avaliar a concordância na sua aplicação e testar a relação entre os indicadores propostos e a ocorrência de falhas reais nas barreiras de segurança.

5 DISCUSSÃO

5.1 Caracterização dos acidentes fatais analisados

Os resultados obtidos evidenciaram uma predominância de acidentes associados a quedas em altura e colapsos estruturais. As quedas em altura representaram 49 casos (47,6%) e os colapsos estruturais 28 casos (27,2%), correspondendo, em conjunto, a 77 dos 103 acidentes analisados (74,8%). Estes valores caracterizam exclusivamente o padrão observado na amostra documental padrão observado na amostra documental FACE/NIOSH analisada, não constituindo uma estimativa da distribuição dos acidentes fatais no conjunto do setor da construção.

A elevada frequência de quedas em altura na amostra estudada encontra correspondência na literatura internacional, que identifica este mecanismo entre as principais formas de ocorrência de acidentes fatais na construção (Zhou et al., 2015; Duryan et al., 2020). Apesar da existência de conhecimento técnico consolidado e de medidas preventivas amplamente disponíveis, estes eventos continuam a ser documentados, evidenciando a importância da implementação, manutenção e verificação das proteções nos contextos reais de trabalho.

Esta concordância com a literatura deve ser interpretada como uma semelhança entre padrões gerais e não como demonstração de equivalência epidemiológica. A composição da amostra não permite concluir que a proporção de quedas encontrada seja representativa da totalidade dos acidentes fatais da construção nos Estados Unidos ou noutros contextos geográficos.

Os colapsos estruturais constituíram igualmente uma categoria relevante na amostra analisada, evidenciando a importância dos riscos associados à estabilidade temporária das estruturas durante as diferentes fases construtivas. Estes resultados reforçam a necessidade de considerar não apenas os perigos associados à execução direta das tarefas, mas também as condições de planeamento e controlo necessárias para manter a segurança do processo construtivo.

A proporção de colapsos estruturais observada pode ter sido influenciada pelas características do programa FACE e pelos critérios utilizados na seleção dos casos. Os relatórios disponibilizados não resultam de uma amostragem probabilística de todos os acidentes fatais, podendo determinados eventos tecnicamente complexos, com maior potencial de aprendizagem ou com melhores condições de investigação, encontrar-se mais representados na base documental.

A maioria dos acidentes ocorreu durante a fase de execução. Contudo, esta frequência não permite concluir que essa fase apresente maior risco relativo. O estudo não dispunha de denominadores de exposição, como o número de trabalhadores, as horas trabalhadas, a duração das diferentes fases ou o volume de atividades executadas. Assim, o resultado descreve apenas a distribuição dos casos da amostra pelas fases da obra.

A concentração de acidentes na fase de execução pode estar relacionada com a presença de múltiplas atividades críticas, incluindo trabalhos em altura, movimentação de cargas e materiais, operação de equipamentos e alteração progressiva das condições estruturais. Esta interpretação permanece, porém, descritiva e não demonstra uma taxa de risco superior relativamente às restantes fases.

Importa salientar que todos os acidentes analisados correspondem a eventos fatais investigados pelo programa FACE/NIOSH. Consequentemente, a severidade não foi utilizada como variável discriminante, uma vez que a amostra não permitia comparar acidentes fatais com eventos de gravidade inferior. O objetivo da investigação centrou-se, portanto, na compreensão dos mecanismos causais, das barreiras falhadas e das fragilidades documentadas especificamente nestes acidentes fatais.

A natureza da fonte documental introduz limitações adicionais à representatividade dos resultados. Em primeiro lugar, os relatórios analisados foram produzidos no contexto regulamentar, técnico e organizacional dos Estados Unidos, pelo que a sua transferência para outros países deve considerar diferenças na legislação, nos modelos de contratação, nas tecnologias construtivas, na organização do trabalho e na maturidade dos sistemas de gestão da segurança.

Em segundo lugar, a amostra abrange relatórios publicados entre 1990 e 2024. Durante este período ocorreram alterações relevantes nos equipamentos, nos sistemas de proteção, nas exigências regulamentares e nas práticas de gestão. A agregação temporal permite identificar mecanismos recorrentes, mas pode ocultar diferenças entre épocas e mudanças na natureza ou frequência dos acidentes.

Em terceiro lugar, foram selecionados relatórios que apresentavam informação considerada suficiente para reconstruir a sequência dos acontecimentos e proceder à classificação das causas, barreiras e recomendações. Este critério de suficiência documental pode favorecer a inclusão de investigações mais detalhadas e excluir acidentes com informação incompleta, introduzindo um possível viés de disponibilidade.

A profundidade dos relatórios também não foi necessariamente uniforme. Alguns documentos apresentavam informação extensa sobre o contexto organizacional e técnico, enquanto outros descreviam de forma mais limitada as decisões, as condições antecedentes ou os fatores contributivos. Por conseguinte, a frequência de determinadas categorias pode refletir parcialmente diferenças na qualidade e na granularidade da documentação disponível.

Desta forma, as frequências observadas devem ser interpretadas como padrões internos da amostra FACE/NIOSH analisada, e não como estimativas da prevalência ou do risco dos diferentes mecanismos de acidente no setor da construção.

De forma geral, os resultados demonstram que os acidentes fatais incluídos no estudo estiveram associados a mecanismos conhecidos e, em princípio, suscetíveis de controlo preventivo. Contudo, a generalização destas conclusões deve ser realizada com prudência, considerando a seleção não probabilística dos casos, a abrangência geográfica e temporal da base, a ausência de denominadores de exposição e a dependência da disponibilidade e profundidade da informação documental.

Assim, o principal contributo desta caracterização não consiste em estimar a distribuição epidemiológica dos acidentes no setor, mas em identificar, no conjunto documental analisado, mecanismos recorrentes que justificam uma investigação causal e preventiva mais aprofundada.

5.2 Influência dos fatores contributivos na ocorrência dos acidentes fatais

A análise dos fatores contributivos identificados nos 103 acidentes fatais revelou uma presença elevada de fatores organizacionais, técnicos e humanos. A comparação entre estas dimensões deve, contudo, ser efetuada com prudência, uma vez que as categorias não eram mutuamente exclusivas, apresentavam diferentes níveis de granularidade e resultaram da codificação de informação documental com profundidade variável.

Este resultado é consistente com a evolução dos modelos contemporâneos de investigação de acidentes, que progressivamente abandonaram abordagens centradas exclusivamente no erro humano para adotar perspetivas sistémicas da causalidade (Reason, 1997; Rasmussen, 1997; Leveson, 2004).

Os resultados obtidos evidenciaram uma elevada frequência de fatores relacionados com o sistema de gestão da segurança, a formação e a competência, o planeamento dos trabalhos, a inspeção, o controlo e a avaliação de riscos. Estes resultados indicam que fragilidades organizacionais estavam frequentemente documentadas nos acidentes analisados. Contudo, a sua presença não permite concluir, por si só, que tenham desempenhado sempre um papel causal predominante ou determinante em cada evento.

A frequência dos fatores organizacionais encontra enquadramento no modelo do queijo suíço proposto por Reason (1997). Segundo esta perspetiva, os acidentes podem resultar da combinação entre falhas observáveis no nível operacional e condições latentes associadas ao desenho, à gestão e ao funcionamento do sistema.

Todavia, a aplicação retrospetiva deste enquadramento pode favorecer uma interpretação orientada pelo conhecimento do desfecho. Depois de conhecido o resultado fatal, determinadas ações, decisões ou omissões podem parecer previsivelmente inadequadas, embora os intervenientes não dispusessem necessariamente, antes do evento, da mesma informação, clareza ou capacidade de antecipação disponível ao investigador. Esta limitação corresponde ao denominado viés retrospetivo, ou hindsight bias.

Os fatores humanos identificados incluíram práticas operacionais inseguras documentadas, continuação da atividade perante condições perigosas, posicionamento em zonas de perigo, falhas de comunicação ou de perceção operacional e insuficiências específicas de competência.

Estas categorias descrevem práticas, decisões ou condições reconstruídas a partir dos relatórios, mas não permitem inferir diretamente estados internos como excesso de confiança, distração, intenção de incumprimento, subestimação consciente do risco ou perceção subjetiva do perigo, exceto quando tais elementos se encontravam explicitamente documentados.

Consequentemente, não se deve assumir automaticamente que os fatores humanos identificados constituíram manifestações diretas de problemas organizacionais mais profundos. Em alguns casos, a coexistência de formação insuficiente, supervisão limitada, planeamento inadequado ou ausência de barreiras torna essa interpretação plausível. Noutros casos, a informação documental não permite determinar com segurança a relação entre o comportamento observado e as condições organizacionais subjacentes.

O comportamento humano deve, assim, ser interpretado no contexto do sistema de trabalho em que ocorreu, sem ser considerado uma causa isolada do acidente. Esta interpretação contextual não elimina a contribuição potencial das ações individuais, mas procura evitar uma atribuição simplificada de responsabilidade quando as condições situacionais, técnicas e organizacionais também influenciaram as possibilidades de atuação.

Uma interpretação semelhante deve ser aplicada aos fatores técnicos identificados. Foram observadas falhas relacionadas com a proteção contra quedas, a estabilidade estrutural, a movimentação de cargas, os equipamentos de trabalho e o controlo de energias perigosas.

Embora muitas destas falhas tenham coexistido com insuficiências de planeamento, inspeçãoiciências de, manutenção ou controlo operacional, os dados não permitem concluir que todas as falhas técnicas tenham resultado diretamente de decisões organizacionais. Algumas podem estar associadas a limitações de conceção, defeitos de componentes, alterações das condições de trabalho, fatores ambientais ou outros elementos insuficientemente descritos nos relatórios.

Os resultados encontram igualmente enquadramento no modelo de migração para a fronteira do desempenho proposto por Rasmussen (1997). Segundo esta perspetiva, os sistemas sociotécnicos podem aproximar-se progressivamente dos limites de segurança em resposta a pressões de tempo, custos e produtividade.

Contudo, a existência concreta destas pressões não foi sistematicamente documentada em todos os acidentes. Assim, o modelo de Rasmussen deve ser utilizado como enquadramento interpretativo dos padrões observados e não como explicação empiricamente confirmada para todos os casos da amostra.

A frequência das fragilidades de gestão, coordenação, supervisão e monitorização pode também ser interpretada à luz do modelo STAMP de Leveson (2004), segundo o qual os acidentes resultam de mecanismos inadequados de controlo no sistema sociotécnico. Ainda assim, a presente investigação não aplicou integralmente o STAMP nem reconstruiu todas as relações de controlo previstas nesse modelo. A sua utilização na discussão assume, portanto, natureza conceptual e não constitui uma validação empírica completa do modelo.

De forma geral, os resultados sustentam uma interpretação multicausal dos acidentes analisados, na qual fatores técnicos, humanos e organizacionais coexistiram e interagiram. A evidência disponível permite questionar explicações exclusivamente centradas no comportamento individual, mas não permite substituir essa simplificação por uma atribuição igualmente automática das falhas ao nível organizacional.

A prevenção de acidentes fatais exige, por isso, uma abordagem integrada que combine o reforço das condições técnicas, das barreiras de segurança, do planeamento, da formação, da supervisão e dos processos organizacionais. A seleção das medidas deve considerar a evidência específica de cada caso e o grau de incerteza associado às inferências realizadas a partir dos relatórios.

5.2.1 Limites da inferência sobre comportamento e cognição

A análise dos fatores humanos a partir de relatórios produzidos após acidentes fatais apresenta limitações específicas. Os documentos foram elaborados para reconstruir os acontecimentos, identificar fatores

contributivos e formular recomendações preventivas, não para avaliar diretamente processos cognitivos, motivações individuais ou perceções subjetivas dos intervenientes.

Em primeiro lugar, existe risco de viés retrospetivo. O conhecimento do resultado fatal pode influenciar a avaliação das decisões anteriores, levando a considerar evidente um perigo cuja evolução poderia não ser igualmente clara no momento em que a atividade foi executada.

Em segundo lugar, existe risco de atribuição excessiva ao indivíduo. Comportamentos observados depois do acidente podem ser interpretados como resultado de negligência, falta de atenção ou incumprimento deliberado, sem que sejam suficientemente consideradas as condições situacionais, como o desenho da tarefa, a disponibilidade dos equipamentos, as instruções recebidas, a organização do trabalho, a pressão operacional ou as alternativas efetivamente disponíveis.

Em terceiro lugar, existe incerteza documental. Alguns relatórios apresentavam descrições detalhadas das condições técnicas e organizacionais, enquanto outros continham informação limitada sobre a sequência das decisões, a comunicação, a experiência dos trabalhadores, a fadiga, a carga de trabalho, as pressões existentes ou a perceção dos riscos. A ausência de referência a um fator não demonstra necessariamente que esse fator não estivesse presente.

Nos acidentes fatais, o trabalhador diretamente envolvido também não pode apresentar a sua perspetiva. A reconstrução depende, por isso, de testemunhos de terceiros, evidência física, documentos organizacionais e inferências dos investigadores. Estas fontes podem ser incompletas, divergentes ou influenciadas pelo próprio conhecimento do desfecho.

Por estas razões, as categorias humanas utilizadas no estudo devem ser entendidas como descrições analíticas de práticas ou condições documentadas, e não como diagnósticos psicológicos ou afirmações definitivas sobre intenção, consciência, competência geral ou responsabilidade individual.

Do mesmo modo, a relação entre fatores humanos e organizacionais deve ser interpretada como uma hipótese sistémica plausível quando existe coexistência documental entre essas condições, mas permanece sujeita à qualidade da evidência, à granularidade dos relatórios e às decisões de codificação adotadas.

Esta limitação não reduz a utilidade preventiva da análise. Pelo contrário, recomenda que as medidas propostas incidam sobre o desenho das tarefas, as condições de execução, as barreiras, a supervisão, a comunicação e os mecanismos de apoio à decisão, evitando respostas centradas exclusivamente na correção do comportamento individual.

5.3 Barreiras de segurança e falhas sistémicas

A análise das barreiras de segurança identificadas nos acidentes estudados demonstrou que os eventos fatais estiveram frequentemente associados à perda de eficácia de mecanismos destinados a prevenir, controlar ou mitigar perigos conhecidos no setor da construção. Entre as barreiras mais frequentemente identificadas destacaram-se os sistemas de proteção contra quedas, a estabilidade estrutural temporária, o controlo da movimentação de cargas, a gestão de equipamentos, a segregação das zonas de perigo, a supervisão operacional e o controlo de energias perigosas.

A abordagem multibarreira adotada permitiu identificar, no mesmo acidente, falhas distribuídas por diferentes níveis funcionais. As barreiras preventivas estiveram presentes na totalidade dos casos analisados, as barreiras de controlo em 101 acidentes (98,1%) e as barreiras de mitigação em 24 casos (23,3%). Esta distribuição não significa que todos os acidentes apresentassem o mesmo número ou a mesma combinação de falhas, mas evidencia que a ocorrência fatal raramente foi associada a uma única barreira isolada.

Embora algumas destas barreiras correspondam a soluções técnicas específicas, os resultados indicam que a sua eficácia depende igualmente da forma como são concebidas, selecionadas, implementadas, verificadas e mantidas ao longo da execução dos trabalhos. Assim, a existência formal de uma barreira de segurança não garante necessariamente o desempenho da função preventiva para a qual foi estabelecida.

Este resultado é concordante com a análise de Winge e Albrechtsen (2018), baseada em 176 acidentes graves na construção norueguesa. Os autores identificaram as quedas, os objetos em queda, os andaimes e as partes móveis de máquinas entre os tipos de acidente mais frequentes, concluindo que muitos dos eventos estavam associados à ausência de elementos físicos de barreira. Contudo, o estudo incidiu sobretudo nas barreiras próximas da sequência do acidente e não analisou sistematicamente os fatores organizacionais distais.

A presente investigação amplia essa leitura ao incluir não apenas as barreiras físicas, mas também barreiras relacionadas com planeamento, avaliação de riscos, formação, coordenação, supervisão, procedimentos, inspeção e gestão de equipamentos. A diferença entre os resultados não representa necessariamente uma divergência empírica, podendo decorrer das distintas taxonomias, unidades de codificação e profundidades de análise utilizadas.

No caso das quedas em altura, as falhas das barreiras estiveram associadas principalmente à ausência, inadequação ou perda de eficácia da proteção coletiva, dos acessos seguros, dos sistemas de ancoragem e da proteção individual. A frequência destas falhas é compatível com estudos que identificam as quedas de coberturas, pisos, plataformas e andaimes como eventos recorrentes, mas a comparação direta das proporções deve ser evitada devido às diferenças entre amostras, períodos, níveis de gravidade e categorias de classificação.

A literatura sobre tecnologias de prevenção de quedas mostra ainda que a disponibilidade de soluções técnicas não assegura automaticamente a sua aplicação generalizada. Os custos, as necessidades de formação, as limitações operacionais, a manutenção e a adaptação às características dos projetos podem dificultar a implementação efetiva das tecnologias de prevenção, controlo e mitigação. Estas condições constituem explicações possíveis para a persistência das falhas observadas, embora não tenham sido documentadas de forma uniforme nos relatórios analisados.

De forma semelhante, os acidentes associados a colapsos estruturais evidenciaram a importância das barreiras relacionadas com o projeto, a estabilidade temporária, os escoramentos, o contraventamento, as verificações estruturais, a sequência de execução e o controlo das alterações durante o processo construtivo. Estes resultados indicam que determinadas barreiras possuem uma natureza dinâmica, exigindo monitorização à medida que as condições da obra evoluem.

A necessidade de acompanhamento contínuo encontra apoio no estudo de Kjellén (2023), que desenvolveu e testou, em dois estaleiros, um indicador de disponibilidade de barreiras destinado à prevenção de acidentes fatais. Os testes de campo sugeriram utilidade tanto na verificação das barreiras de atividades individuais como na avaliação global das condições do estaleiro. Este resultado é concordante com a proposta da presente investigação de considerar as barreiras como elementos cujo estado deve ser verificado durante a execução, e não apenas no planeamento inicial.

Todavia, a comparação também evidencia uma diferença metodológica importante. O indicador de Kjellén foi objeto de testes em contexto operacional, enquanto a presente análise se baseou em relatórios retrospetivos e não avaliou diretamente o desempenho das barreiras antes dos acidentes. Por conseguinte, os resultados desta dissertação permitem identificar padrões documentados de falha, mas não demonstrar a eficácia prática de um sistema específico de gestão de barreiras.

A interpretação destes resultados encontra enquadramento no modelo do queijo suíço de Reason (1997), segundo o qual um acidente pode ocorrer quando fragilidades existentes em diferentes camadas de proteção se combinam e permitem a progressão do perigo até ao dano. Este modelo oferece uma interpretação possível para a coexistência de várias barreiras falhadas, mas os dados documentais não permitem reconstruir integralmente a evolução temporal nem confirmar que todas as falhas tenham ocorrido segundo uma sequência linear de alinhamento.

Neste contexto, os acidentes analisados não resultaram necessariamente da inexistência absoluta de medidas preventivas. Em alguns casos, as barreiras estavam ausentes; noutros, encontravam-se implementadas de forma incompleta, inadequada, degradada ou sem capacidade suficiente para responder às condições reais da tarefa.

Devem também ser consideradas explicações alternativas. Uma barreira aparentemente ausente no relatório pode não ter sido documentada, e uma barreira registada como existente pode não ter sido avaliada quanto à sua qualidade, disponibilidade ou desempenho real. Além disso, a natureza fatal da amostra pode favorecer a identificação de acidentes com múltiplas falhas, uma vez que eventos menos graves podem ser interrompidos por uma barreira residual antes de atingirem consequências fatais. A literatura indica que a distribuição dos tipos de acidente e das falhas de barreira pode variar com a gravidade, o tipo de projeto e o contexto construtivo.

A perspetiva das barreiras é igualmente compatível com o modelo STAMP desenvolvido por Leveson (2004), no qual a segurança depende da manutenção de mecanismos adequados de controlo no sistema sociotécnico. Contudo, a presente investigação não aplicou integralmente a estrutura de controlo do STAMP, pelo que esta relação deve ser entendida como enquadramento teórico e não como confirmação empírica do modelo.

Os resultados obtidos reforçam, portanto, a relevância de uma gestão contínua das barreiras de segurança, abrangendo não apenas a sua implementação inicial, mas também a definição da função esperada, dos responsáveis, dos critérios de desempenho, da frequência de verificação e das ações necessárias perante a sua degradação.

Apesar da concordância geral com os estudos empíricos identificados, os resultados devem ser interpretados tendo em conta as diferenças de contexto, taxonomia e fonte de dados. A presente investigação não permite concluir que uma determinada barreira seja universalmente mais importante nem estabelecer relações causais quantitativas entre a presença de uma barreira e a redução do risco. Permite, porém, mostrar que os acidentes analisados envolveram frequentemente combinações de falhas preventivas, de controlo e de mitigação, justificando abordagens multibarreira na investigação e na prevenção.

Desta forma, a análise das barreiras permite compreender que a prevenção eficaz depende da capacidade dos sistemas de trabalho para manter condições seguras ao longo do tempo, identificar sinais de degradação e restabelecer a função das barreiras antes que o perigo evolua para um acidente fatal.

5.4 Causalidade dos acidentes fatais

A análise das causas imediatas, contributivas e raiz evidenciou que os acidentes fatais estudados resultaram da interação entre múltiplos fatores distribuídos por diferentes níveis do sistema de trabalho. Estes níveis correspondem a categorias analíticas utilizadas para organizar a informação documental e não a camadas causais diretamente observáveis ou universalmente separáveis.

Esta evidência reforça que os acidentes na construção dificilmente podem ser compreendidos através de uma sequência linear de acontecimentos, sendo necessário considerar as relações existentes entre fatores técnicos, humanos, organizacionais e, quando aplicável, regulatórios ou contratuais.

As causas imediatas identificadas estiveram associadas aos mecanismos diretamente envolvidos na ocorrência dos acidentes, tais como falhas de proteção contra quedas, perda de estabilidade estrutural, exposição a cargas em movimento, contacto com energias perigosas e perda de controlo de equipamentos.

A designação "causa imediata" foi utilizada para identificar o evento, condição ou falha mais próxima da materialização do acidente. Não significa que esse elemento tenha constituído uma explicação suficiente nem que tenha atuado isoladamente.

As causas contributivas permitiram identificar condições que favoreceram a ocorrência ou agravaram a progressão do evento, incluindo inadequações na proteção e no acesso, falhas de estabilidade, utilização ou gestão de equipamentos, práticas operacionais documentadas, deficiências de planeamento e limitações de inspeção ou controlo.

A distinção entre causas imediatas e contributivas dependeu da posição atribuída a cada elemento na reconstrução analítica. Em determinados casos, a mesma condição poderia ser interpretada de forma diferente consoante a sequência documental disponível, o mecanismo de acidente e a granularidade adotada na codificação.

A análise das causas-raiz permitiu identificar fatores subjacentes associados ao funcionamento do sistema de trabalho. Foram identificados fatores organizacionais em 92 acidentes (89,3%), fatores técnicos ou sistémicos em 75 casos (72,8%) e fatores regulatórios ou contratuais em sete acidentes (6,8%).

Estas frequências não devem ser interpretadas como uma hierarquia absoluta de importância causal nem como indicação de que cada acidente possuía uma única "causa-raiz predominante". Um mesmo acidente

podia apresentar vários fatores subjacentes pertencentes a diferentes domínios, verificando-se sobreposição frequente entre causas organizacionais e técnicas ou sistémicas.

Por esta razão, na discussão dos resultados é mais adequado utilizar as expressões "fatores subjacentes identificados", "domínios de causas-raiz" ou "categorias de causas-raiz codificadas", evitando apresentar a causa-raiz como uma entidade única, definitiva ou diretamente observada.

A presença frequente de fatores relacionados com gestão da segurança, planeamento, formação, supervisão, avaliação de riscos e controlo operacional é compatível com o modelo de Reason (1997), segundo o qual condições latentes podem contribuir para a criação ou manutenção de situações de risco.

Contudo, os relatórios analisados não permitem estabelecer de forma completa a sequência temporal através da qual cada decisão organizacional influenciou o acidente. A associação entre uma fragilidade de gestão e o evento final foi inferida a partir da informação documental disponível e permanece sujeita à qualidade da investigação original e às decisões de codificação.

Os resultados são igualmente compatíveis com Rasmussen (1997), que descreve os acidentes como resultado da interação dinâmica entre diferentes níveis de um sistema sociotécnico. A recorrência de fragilidades associadas ao controlo das atividades sugere que a segurança depende da capacidade das organizações para identificar e corrigir desvios antes que estes evoluam para situações críticas.

Todavia, a presente investigação não analisou diretamente processos de migração para o risco ao longo do tempo nem recolheu dados prospetivos sobre pressões de produção, custos ou prazos. A relação com o modelo de Rasmussen deve, por isso, ser entendida como enquadramento interpretativo e não como demonstração empírica de que todos os acidentes resultaram de um processo de migração semelhante.

De forma complementar, o modelo STAMP de Leveson (2004) permite interpretar os acidentes como possíveis consequências da inadequação dos mecanismos de controlo dentro do sistema.

A utilização deste modelo na discussão não significa que tenha sido realizada uma análise STAMP completa. Não foram reconstruídas, para cada caso, todas as estruturas hierárquicas de controlo, restrições de segurança, processos de decisão ou mecanismos de retroalimentação previstos pelo método.

A análise das associações mostrou que as quedas em altura apresentaram maior presença de fatores organizacionais do que a esperada na respetiva tabela de contingência, enquanto os colapsos estruturais apresentaram maior presença de fatores técnicos ou sistémicos.

Estes resultados indicam diferenciação entre determinados padrões causais da amostra, mas não permitem concluir que as quedas sejam essencialmente organizacionais ou que os colapsos sejam essencialmente técnicos. Em ambas as categorias coexistiram diferentes domínios de fatores subjacentes.

Além disso, as associações podem ser parcialmente influenciadas pela relação conceptual entre a definição das categorias de acidente e a codificação das causas. Por exemplo, a perda de estabilidade integra naturalmente a descrição de um colapso estrutural, podendo aumentar a frequência de categorias técnicas ou sistémicas nesses casos. Esta possível circularidade foi reduzida através da codificação separada das variáveis, mas não pode ser totalmente excluída.

Uma das principais evidências da investigação consiste no facto de diferentes categorias de acidentes apresentarem fatores subjacentes semelhantes, apesar das diferenças nos mecanismos imediatos. Este resultado indica que eventos distintos podem coexistir com fragilidades recorrentes ao nível do planeamento, da supervisão, da gestão das barreiras, da competência ou do controlo técnico.

No entanto, a semelhança entre categorias não demonstra necessariamente uma origem causal comum. Pode também refletir a amplitude das categorias utilizadas, a tendência dos relatórios para formular recomendações em domínios semelhantes ou a aplicação de uma taxonomia comum a acidentes com diferentes níveis de detalhe.

Consequentemente, a investigação de acidentes deve ultrapassar a identificação dos eventos imediatos e procurar compreender os fatores que permitiram a criação, manutenção ou evolução das condições perigosas.

Essa análise deve preservar a rastreabilidade entre evidência documental, classificação e interpretação, distinguindo claramente:

- o que foi explicitamente descrito no relatório;
- o que foi codificado segundo a taxonomia do estudo;
- e o que constitui interpretação sistémica do investigador.

Esta abordagem permite transformar a análise causal numa ferramenta de aprendizagem, direcionando as ações preventivas para diferentes níveis do sistema. Todavia, as medidas devem ser definidas com base no conjunto de fatores documentados em cada caso e não apenas na categoria de causa-raiz considerada mais profunda ou predominante.

De forma geral, os resultados sustentam uma compreensão multicausal dos acidentes fatais analisados. A taxonomia adotada permitiu estruturar e comparar os casos, mas não elimina a incerteza inerente à reconstrução retrospetiva nem demonstra uma cadeia causal única e definitiva para cada acidente.

Assim, as causas imediatas, contributivas e raiz devem ser entendidas como níveis analíticos complementares utilizados para organizar a evidência e apoiar a prevenção, e não como categorias ontologicamente separadas ou dotadas de uma hierarquia causal universal.

5.5 Coerência causal-preventiva e aprendizagem organizacional

Um dos aspetos centrais da presente investigação consistiu em analisar a capacidade das investigações de acidentes para transformar o conhecimento produzido sobre as causas e as falhas das barreiras em recomendações preventivas adequadamente direcionadas.

Os resultados demonstraram que a identificação das causas representa apenas uma etapa do processo de aprendizagem. Para que a investigação produza utilidade preventiva, é igualmente necessário que as recomendações respondam às fragilidades documentadas e contribuam para restabelecer ou reforçar as barreiras de segurança relevantes.

A análise estatística e a avaliação da coerência causal-preventiva responderam, contudo, a questões distintas. Os testes de associação avaliaram se determinadas categorias de recomendações variavam

globalmente em função dos domínios das causas-raiz ou das barreiras identificadas. A avaliação da coerência examinou, caso a caso, se o conteúdo das recomendações apresentava correspondência substantiva com as causas e as barreiras documentadas no respetivo acidente.

Na análise entre os domínios das causas-raiz e os tipos de recomendação, não foi detetada evidência estatística de associação após a correção de Holm para comparações múltiplas. Este resultado não demonstra que as recomendações fossem inadequadas nem permite concluir que existia necessariamente reduzida diferenciação preventiva. Indica apenas que, na amostra e com a categorização utilizadas, os tipos de recomendação não variaram de forma estatisticamente demonstrável entre os domínios causais considerados.

Na análise entre barreiras e recomendações, foram identificadas duas associações que permaneceram significativas após a correção para comparações múltiplas. A presença de falhas na barreira de formação e competência esteve positivamente associada à emissão de recomendações de formação. Verificou-se igualmente uma associação negativa entre essa barreira e recomendações de inspeção ou manutenção.

Estas associações indicam alguma correspondência entre determinados problemas identificados e as medidas propostas, mas não permitem avaliar, por si só, a qualidade, a especificidade ou a eficácia das recomendações. Uma recomendação classificada como formação, por exemplo, pode variar entre uma orientação genérica e um programa específico dirigido à competência necessária para uma tarefa crítica.

A avaliação individual atribuiu coerência elevada a 62 acidentes (60,2%), coerência parcial a 31 casos (30,1%) e desalinhamento a dez acidentes (9,7%). Nos casos classificados com coerência elevada, o conjunto das recomendações respondia diretamente às principais causas identificadas e contribuía para o reforço das barreiras relevantes. Nos casos parciais, existia algum alinhamento, mas permaneciam fragilidades causais ou barreiras sem resposta preventiva suficiente.

A aparente diferença entre a ausência de associações estatisticamente significativas em várias comparações e a existência de 60,2% de casos com coerência elevada não constitui uma contradição. Recomendações pertencentes à mesma categoria agregada podem assumir conteúdos diferentes e apresentar maior ou menor adequação às circunstâncias específicas de cada acidente. Assim, uma relação relevante ao nível individual pode não produzir diferenciação estatística entre categorias amplas.

Todavia, o valor de 60,2% não deve ser interpretado como uma medida objetiva e validada da qualidade das investigações. A coerência causal-preventiva constitui uma proposta analítica exploratória desenvolvida no âmbito desta dissertação, com o objetivo de sistematizar a comparação entre causas, barreiras e recomendações.

A grelha foi aplicada por um único investigador e não foi submetida a avaliação independente por um segundo codificador. Consequentemente, não foi possível calcular a concordância interavaliadores nem determinar em que medida os resultados dependem do julgamento de quem aplica os critérios.

A análise de sensibilidade mostrou ainda que a proporção de casos considerados alinhados variou consoante o tratamento da categoria parcial. Num cenário conservador, em que apenas os casos de coerência elevada foram considerados alinhados, a proporção foi de 60,2%. Num cenário permissivo, em que os casos de coerência parcial foram igualmente incluídos, a proporção aumentou para 90,3%.

A variação de 30,1 pontos percentuais demonstra que a conclusão global depende da definição operacional adotada para a classe parcial. A principal incerteza não se concentrou nos casos claramente alinhados ou desalinhados, mas nos acidentes em que as recomendações respondiam apenas a parte das causas ou barreiras identificadas.

Esta sensibilidade reforça a necessidade de interpretar a coerência causal-preventiva como uma hipótese metodológica a desenvolver, e não como um indicador definitivamente validado. A sua utilização noutras investigações exige critérios operacionais explícitos, exemplos de classificação, rastreabilidade da decisão e avaliação da fiabilidade entre diferentes avaliadores.

Os resultados obtidos encontram enquadramento na literatura sobre aprendizagem organizacional em segurança. Jacobsson et al. (2012) e Duryan et al. (2020) salientam que uma das dificuldades das organizações consiste em transformar as conclusões das investigações em alterações efetivas nos sistemas de trabalho.

Importa distinguir a correspondência formal entre causas, barreiras e recomendações da capacidade efetiva das medidas para modificar o sistema de trabalho. O presente estudo não acompanhou a implementação das recomendações FACE, não verificou a reposição das barreiras, não avaliou alterações no comportamento organizacional e não mediu a redução da recorrência ou da gravidade dos acidentes. Consequentemente, os níveis de coerência estimados refletem apenas o alinhamento documental observável nos relatórios e não constituem evidência da implementação, da eficácia ou do impacto preventivo das recomendações.

Neste sentido, a aprendizagem organizacional não depende apenas da capacidade de identificar o que aconteceu e por que aconteceu. Exige também que as recomendações sejam transformadas em ações, integradas nos processos de planeamento e controlo, comunicadas aos intervenientes relevantes e acompanhadas quanto à sua concretização e eficácia.

A coerência entre causas, barreiras e recomendações pode, portanto, constituir um elemento complementar da avaliação das investigações, permitindo identificar situações em que as medidas propostas não respondem integralmente às fragilidades documentadas.

A sua aplicação deve, porém, ser combinada com outros critérios de qualidade, tais como a suficiência da evidência, a profundidade da análise causal, a viabilidade das ações, a definição de responsáveis e prazos, a verificação da implementação e a avaliação da eficácia.

Em estudos futuros, a grelha deverá ser aplicada por avaliadores independentes e testada em diferentes tipos de relatórios, setores e contextos organizacionais. Será igualmente importante comparar os resultados da classificação com indicadores posteriores de implementação, desempenho das barreiras e recorrência de eventos semelhantes.

Em síntese, os resultados sustentam a utilidade potencial da coerência causal-preventiva como instrumento para tornar mais explícita a relação entre investigação e prevenção. Contudo, a proposta permanece exploratória, dependente das regras de classificação e ainda sem validação externa ou interavaliadores. O seu principal contributo nesta dissertação consiste em formular uma estrutura reproduzível e suscetível de aperfeiçoamento, e não em estabelecer uma medida definitiva da qualidade das investigações de acidentes.

5.6 Contributo da matriz de aprendizagem organizacional para a prevenção de acidentes

A versão atual apresenta a matriz como principal contributo aplicado da investigação, mas necessita de delimitar melhor a sua originalidade, compará-la com abordagens já existentes e reconhecer que ainda não foi validada em contexto operacional.

Um dos principais contributos da presente investigação consiste no desenvolvimento de uma matriz de aprendizagem organizacional construída a partir da análise integrada dos acidentes fatais estudados.

Ao contrário de abordagens centradas exclusivamente na análise individual dos acidentes, a matriz proposta procura transformar o conhecimento resultante da investigação de eventos anteriores numa estrutura de apoio à prevenção futura.

A análise realizada demonstrou que acidentes com diferentes mecanismos de ocorrência podem apresentar fatores subjacentes e falhas de barreiras semelhantes. Assim, a identificação destes padrões permite ultrapassar uma abordagem exclusivamente reativa, baseada na correção de cada evento isoladamente, favorecendo a identificação de vulnerabilidades recorrentes aplicáveis a atividades futuras.

A matriz não constitui um novo método de investigação de acidentes nem substitui os métodos dos 5 Porquês, da RCA ou da Árvore de Causas. O seu contributo situa-se numa etapa posterior à investigação, procurando organizar os resultados da análise causal e convertê-los numa estrutura de aprendizagem e acompanhamento preventivo.

Neste contexto, a matriz desenvolvida estabelece uma relação entre categorias de acidentes, evidências causais, barreiras críticas falhadas, principais aprendizagens, contextos de aplicação, pré-condições, ações preventivas, indicadores, metas, responsáveis, periodicidades e fontes de evidência.

A inclusão destes elementos procura ultrapassar sistemas de aprendizagem limitados ao registo de recomendações genéricas, ao associar cada aprendizagem a condições concretas de aplicação e a mecanismos de verificação. A matriz introduz, assim, rastreabilidade entre o problema identificado, a medida proposta e a evidência necessária para confirmar a sua implementação.

A inclusão dos indicadores de verificação preventiva aproxima a matriz da aplicação operacional, possibilitando a utilização das lições aprendidas como critérios de apoio ao planeamento, à inspeção e ao controlo das atividades críticas em obra.

Contudo, a existência de um indicador não demonstra que a medida seja eficaz nem que reduza efetivamente a probabilidade de acidente. Os indicadores propostos avaliam sobretudo a implementação ou a disponibilidade das condições preventivas, devendo a sua relação com resultados de segurança ser testada em estudos futuros.

5.6.1 Posicionamento da matriz face a abordagens existentes

A matriz apresenta pontos de contacto com diferentes abordagens já utilizadas na investigação, gestão de barreiras e aprendizagem em segurança, mas não é equivalente a nenhuma delas. A comparação permite clarificar o seu contributo e as suas limitações.

Comparação com o Bow-Tie

O método Bow-Tie organiza visualmente a relação entre um perigo, as ameaças capazes de produzir um evento central, as consequências possíveis e as barreiras preventivas e mitigadoras. A matriz desenvolvida aproxima-se desta abordagem ao distinguir mecanismos de acidente, falhas de barreiras e medidas preventivas.

A principal diferença reside no facto de o Bow-Tie representar a lógica de progressão de um cenário de risco específico, enquanto a matriz agrega aprendizagens derivadas de vários acidentes e procura associá-las a ações, responsáveis, indicadores e evidências de implementação.

A matriz não representa graficamente as relações entre ameaças, evento central e consequências, nem permite visualizar as dependências entre barreiras com o detalhe característico de uma análise Bow-Tie. Poderá, contudo, ser utilizada como complemento, ajudando a transformar falhas identificadas num Bow-Tie em ações de aprendizagem organizacional verificáveis.

Comparação com o HFACS

O HFACS constitui uma taxonomia hierárquica orientada para a classificação de atos inseguros, pré-condições, falhas de supervisão e influências organizacionais (Shappell & Wiegmann, 2000). A matriz proposta partilha com este modelo a preocupação de ultrapassar a causa imediata e considerar fatores situados em diferentes níveis do sistema.

Contudo, o HFACS tem uma finalidade essencialmente classificatória e diagnóstica, enquanto a matriz possui uma orientação predominantemente preventiva e operacional. Em vez de apenas organizar os fatores identificados, procura associá-los a barreiras, ações, indicadores e responsabilidades.

Por outro lado, a matriz apresenta menor detalhe na diferenciação dos fatores humanos e das pré-condições cognitivas do que o HFACS. A sua utilização não deve, por isso, ser entendida como alternativa a uma análise aprofundada de fatores humanos.

Comparação com o AcciMap

O AcciMap permite representar decisões, ações e influências distribuídas por diferentes níveis do sistema sociotécnico, incluindo entidades reguladoras, organizações, gestão, supervisão, operadores, equipamentos e condições do processo (Rasmussen, 1997).

A matriz aproxima-se desta perspetiva ao reconhecer que as aprendizagens podem exigir intervenções organizacionais, técnicas, contratuais ou regulatórias. Contudo, apresenta uma estrutura mais condensada e orientada para a aplicação prática.

Esta simplificação facilita a utilização como instrumento de consulta e acompanhamento, mas reduz a capacidade para representar relações complexas entre atores, decisões, fluxos de informação e níveis de

governação. Nos acidentes que envolvam múltiplas organizações ou falhas regulatórias, uma análise AcciMap poderá fornecer uma representação sistémica mais completa do que a matriz isoladamente.

Comparação com os *learning teams*

As abordagens de learning teams privilegiam a participação dos trabalhadores e das equipas operacionais na compreensão de como o trabalho é efetivamente realizado, incluindo adaptações, dificuldades, recursos disponíveis e diferenças entre o trabalho prescrito e o trabalho real.

A matriz desenvolvida nesta investigação possui uma origem distinta, uma vez que foi construída retrospetivamente a partir de relatórios documentais e aplicada por um único investigador. Não incorporou diretamente a experiência dos trabalhadores, supervisores, projetistas ou gestores envolvidos nos acidentes.

Por conseguinte, a matriz pode estruturar temas para discussão num learning team, mas não substitui o processo participativo. A combinação das duas abordagens poderia permitir que os padrões documentais identificados fossem confrontados com o conhecimento operacional das equipas, reduzindo o risco de propor medidas desajustadas das condições reais de trabalho.

Comparação com sistemas de *lessons learned*

Os sistemas organizacionais de lessons learned procuram recolher, armazenar, disseminar e reutilizar conhecimento resultante de acidentes, incidentes, quase-acidentes, auditorias ou projetos anteriores. A matriz partilha esta finalidade de transferência de conhecimento entre eventos passados e decisões futuras, em consonância com a literatura sobre aprendizagem a partir de acidentes (Jacobsson et al., 2012; Duryan et al., 2020). (Jacobsson et al., 2012; Duryan et al., 2020)

A principal diferença reside na estrutura explícita de rastreabilidade proposta. Em vez de registar apenas a descrição do acontecimento e a lição aprendida, a matriz relaciona a aprendizagem com os fatores subjacentes, as barreiras, o contexto de aplicação, as pré-condições, os responsáveis e os meios de verificação.

Contudo, a matriz ainda não constitui um sistema completo de gestão do conhecimento. Não foram desenvolvidos mecanismos de pesquisa, atualização, controlo de versões, aprovação, disseminação, avaliação de utilização ou integração com plataformas digitais de gestão da segurança. A sua transformação num sistema organizacional de lessons learned exigiria o desenvolvimento desses componentes.

5.6.2 Aplicabilidade e limitações da proposta

Do ponto de vista prático, a matriz pode apoiar diferentes processos de gestão da segurança, incluindo avaliações de riscos, planeamento de atividades críticas, formação, supervisão operacional, auditorias internas, inspeções e revisão de procedimentos.

A sua utilização deverá começar pela identificação do contexto e das condições de aplicabilidade. Uma medida derivada de um acidente com determinada tecnologia, estrutura, equipamento ou enquadramento regulamentar não deve ser automaticamente transferida para todos os projetos.

As metas de 100% propostas para algumas condições devem ser interpretadas como requisitos mínimos associados ao início seguro de atividades críticas, e não como indicadores universais de desempenho organizacional. As restantes metas correspondem a referências internas propostas, cuja exequibilidade deve ser avaliada por cada organização.

A estrutura da matriz permite, em princípio, a incorporação de novos acidentes e aprendizagens, funcionando como instrumento potencialmente dinâmico de gestão do conhecimento.

Todavia, essa atualização exige regras formais para inclusão, revisão e remoção de conteúdos. Sem governação adequada, a acumulação de aprendizagens pode produzir uma base extensa, redundante, desatualizada ou difícil de utilizar.

A matriz também poderá favorecer uma falsa sensação de controlo caso seja utilizada apenas como lista de verificação documental. O preenchimento dos campos ou a existência formal de registos não garante que as barreiras estejam disponíveis, sejam adequadas ou funcionem nas condições reais da atividade. Por essa razão, a verificação deve combinar evidência documental com observação no terreno e, quando aplicável, ensaios funcionais.

A proposta não foi submetida a aplicação-piloto, avaliação por especialistas ou validação em organizações da construção. Não foi igualmente testada quanto à clareza das categorias, tempo de preenchimento, disponibilidade dos dados, concordância entre utilizadores ou capacidade de apoiar decisões preventivas.

A implementação futura deverá, por isso, ser desenvolvida de forma gradual, podendo incluir:

- seleção de um conjunto limitado de atividades críticas;
- adaptação da matriz ao enquadramento legal e organizacional da obra;
- participação de trabalhadores, supervisores, técnicos de segurança, projetistas e responsáveis de produção;
- formação dos utilizadores e definição das regras de codificação;
- avaliação da concordância entre diferentes aplicadores;
- acompanhamento dos indicadores e do estado das barreiras;
- revisão da matriz com base nas dificuldades observadas;
- comparação dos resultados antes e depois da implementação.

A utilidade potencial da matriz decorre da sua estrutura lógica e da capacidade de organizar informação causal e preventiva, não de uma demonstração empírica do seu desempenho. Sem validação externa, painel de especialistas, teste-piloto, avaliação de usabilidade e estudo de impacto, não é possível afirmar que a matriz melhore a qualidade das decisões, reduza o tempo de análise, aumente a consistência entre técnicos ou produza melhores resultados preventivos. O contributo atual é, por isso, conceptual e metodológico.

5.7 Interpretações alternativas e influência das decisões analíticas

Os resultados foram influenciados pela seleção dos relatórios, pela qualidade da documentação, pelas taxonomias e pelas decisões de codificação. A amostra FACE/NIOSH não é probabilística e pode incluir maior representação de acidentes complexos ou bem documentados.

A profundidade dos relatórios também variou. Documentos mais detalhados permitiram atribuir mais códigos, pelo que uma maior frequência de fatores pode refletir parcialmente maior riqueza documental e não necessariamente maior complexidade causal.

Subsiste ainda uma dependência metodológica entre a construção da taxonomia, a codificação dos casos e a obtenção dos resultados. Algumas categorias foram definidas a partir de conceitos próximos dos próprios resultados que se pretendia observar, podendo gerar circularidade parcial. Por exemplo, acidentes classificados como quedas tendem a ser associados a falhas de proteção contra quedas, enquanto colapsos tendem a ser relacionados com estabilidade estrutural. As análises de sensibilidade permitem avaliar a influência de algumas decisões de classificação, mas não eliminam a dependência entre o modelo analítico e os padrões encontrados. A confirmação destes resultados exige uma taxonomia previamente validada e aplicação independente por vários codificadores.

A análise estatística teve natureza exploratória. A ausência de significância não demonstra ausência de relação, podendo resultar da dimensão da amostra, da baixa frequência de algumas categorias ou da agregação dos dados.

Por fim, a codificação foi realizada por um único investigador. Embora tenham sido utilizados critérios explícitos, auditorias e análises de sensibilidade, não foi possível demonstrar a concordância interavaliadores.

Estas limitações não invalidam os resultados, mas delimitam o seu alcance. As conclusões devem ser interpretadas como padrões analíticos identificados numa base documental específica e não como explicações universais da causalidade dos acidentes fatais na construção.

6 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

6.1 Principais conclusões da investigação

A presente investigação teve como objetivo analisar acidentes fatais no setor da construção civil, identificar os fatores contributivos associados à sua ocorrência e explorar de que forma o conhecimento documentado nas investigações pode ser organizado para apoiar a aprendizagem organizacional e a prevenção. Os resultados permitem caracterizar padrões presentes nos 103 relatórios FACE/NIOSH analisados e demonstrar a aplicação exploratória de uma grelha de coerência causal-preventiva e de uma matriz de aprendizagem organizacional. Não permitem, contudo, validar estes instrumentos nem demonstrar a implementação ou a eficácia das recomendações preventivas.

Com base na análise dos 103 relatórios de acidentes fatais disponibilizados pelo programa FACE/NIOSH, foi possível responder aos objetivos específicos definidos para a investigação, considerando as limitações inerentes à natureza documental, retrospetiva e não probabilística do estudo.

Relativamente ao objetivo de caracterizar os acidentes fatais analisados quanto à tipologia, fase da obra, atividade desenvolvida e agente material, verificou-se que as quedas em altura representaram 49 casos (47,6%) e os colapsos estruturais 28 casos (27,2%), correspondendo, em conjunto, a 74,8% da amostra. A fase de execução concentrou 92 acidentes (89,3%), embora a ausência de denominadores de exposição não permita concluir que esta fase apresente maior risco relativo. Foram identificadas 103 descrições distintas de atividades e 99 descrições distintas de agentes materiais, evidenciando uma elevada diversidade de tarefas e elementos envolvidos. Estes resultados caracterizam a amostra FACE/NIOSH estudada e não constituem uma estimativa da distribuição global dos acidentes fatais no setor.

Quanto ao objetivo de identificar as causas imediatas, contributivas e raiz associadas aos acidentes, os resultados permitiram organizar os fatores identificados em diferentes níveis analíticos. As causas imediatas estiveram principalmente associadas a falhas de proteção contra quedas, perda de estabilidade estrutural, movimentação de cargas e materiais, equipamentos e energias perigosas. As causas contributivas incluíram deficiências de proteção, planeamento, métodos de trabalho, inspeção, supervisão e controlo operacional. Relativamente às causas-raiz, foram identificados fatores organizacionais em 92 acidentes (89,3%), fatores técnicos ou sistémicos em 75 casos (72,8%) e fatores regulatórios ou contratuais em sete casos (6,8%). Estas categorias não representam uma hierarquia causal absoluta, uma vez que um mesmo acidente podia incluir vários fatores subjacentes.

Relativamente ao objetivo de analisar os fatores técnicos, humanos, organizacionais e ambientais presentes nos relatórios, verificou-se a coexistência de diferentes dimensões nos acidentes estudados. Foram codificadas 361 ocorrências de fatores organizacionais, 329 ocorrências de fatores técnicos e 191 ocorrências de fatores humanos. Os fatores organizacionais apresentaram a maior densidade de codificação, sobretudo nos domínios da gestão da segurança, planeamento, formação, supervisão e controlo. **Contudo,** as diferenças entre as categorias devem ser interpretadas com prudência, uma vez que apresentam níveis distintos de granularidade e não constituem uma medida direta da sua importância causal. Os fatores ambientais apresentaram menor expressão e foram principalmente considerados nas condições físicas do local, do terreno e noutras condições adversas documentadas.

No que se refere ao objetivo de identificar padrões de degradação das barreiras de segurança, foram registadas 525 combinações acidente–barreira. As barreiras preventivas foram identificadas nos 103 acidentes, as barreiras de controlo em 101 casos (98,1%) e as barreiras de mitigação em 24 acidentes (23,3%). Estes resultados sugerem que os eventos fatais envolveram frequentemente combinações de falhas em diferentes níveis de proteção, reforçando a necessidade de verificar não apenas a existência formal das barreiras, mas também a sua adequação, disponibilidade e manutenção durante a execução dos trabalhos.

Como resultado complementar, a avaliação da coerência causal-preventiva classificou 62 acidentes (60,2%) com coerência elevada, 31 (30,1%) com coerência parcial e dez (9,7%) com desalinhamento. Estes resultados sugerem a utilidade potencial da análise do alinhamento entre causas, barreiras e recomendações. Contudo, a classificação foi efetuada por um único investigador e constitui uma proposta exploratória ainda sem validação interavaliadores ou externa.

Por fim, relativamente ao objetivo de desenvolver uma matriz de aprendizagem organizacional, os resultados permitiram estruturar uma proposta que relaciona categorias de acidentes, fatores subjacentes, barreiras críticas, aprendizagens, ações preventivas, indicadores, metas, responsáveis e fontes de evidência. A matriz poderá apoiar, após adaptação e validação, processos de planeamento, avaliação de riscos, supervisão e melhoria contínua da segurança. Não substitui, contudo, a avaliação de riscos específica, os requisitos legais, os projetos técnicos ou a intervenção de equipas multidisciplinares.

A questão de investigação procurava compreender de que forma a análise sistemática de relatórios de acidentes fatais na construção poderia contribuir para a identificação de padrões causais recorrentes, para a aprendizagem organizacional e para o desenvolvimento de estratégias preventivas.

Os resultados permitiram identificar, na amostra analisada, padrões recorrentes de causalidade e de degradação das barreiras, bem como estruturar uma proposta para converter essas aprendizagens em medidas preventivas verificáveis. Assim, considera-se que os objetivos da investigação foram globalmente alcançados, sem prejuízo das limitações de generalização, da dependência da informação documental e da necessidade de validação futura dos instrumentos propostos.

6.2 Contributos científicos e práticos da investigação

A presente investigação apresenta contributos científicos e práticos relacionados com a compreensão da causalidade dos acidentes fatais na construção civil e com a transformação do conhecimento resultante das investigações em estratégias preventivas.

Do ponto de vista científico, o estudo reforça a importância das abordagens sistémicas de análise de acidentes, ao evidenciar, na amostra analisada, a coexistência e interação entre fatores técnicos, humanos e organizacionais, em vez de explicações baseadas exclusivamente em falhas isoladas. Os resultados contribuem para compreender de que forma fragilidades de gestão, planeamento, supervisão e controlo podem coexistir com a degradação das barreiras de segurança.

A investigação introduz ainda a análise da coerência causal-preventiva como elemento complementar na avaliação dos processos de investigação de acidentes, permitindo analisar não apenas as causas

identificadas, mas também a capacidade das recomendações propostas para responder às fragilidades encontradas. Este contributo deve ser entendido como uma proposta metodológica exploratória, ainda sem validação externa ou interavaliadores.

Do ponto de vista prático, o principal contributo consiste no desenvolvimento da matriz de aprendizagem organizacional baseada nos acidentes analisados. Esta ferramenta permite sistematizar relações entre mecanismos de acidente, fatores subjacentes, barreiras críticas, ações preventivas, indicadores, responsáveis e fontes de evidência, facilitando a transferência do conhecimento obtido para os processos de gestão da segurança.

A aplicação da matriz poderá apoiar, após adaptação e validação, atividades como o planeamento de trabalhos críticos, a avaliação de riscos, a definição de medidas preventivas, a formação, as inspeções e os processos de melhoria contínua.

Desta forma, a investigação procura contribuir para que a análise de acidentes deixe de constituir apenas um processo retrospetivo de identificação de falhas, passando a funcionar como uma fonte estruturada de aprendizagem e prevenção organizacional.

6.2.1 Condições de utilização da matriz

A matriz não substitui a avaliação de riscos específica, os requisitos legais e normativos, os projetos técnicos, os procedimentos de trabalho ou a decisão de pessoas tecnicamente competentes.

A sua utilização segura exige adaptação ao contexto da obra, participação de uma equipa multidisciplinar, definição de responsabilidades e recursos, confirmação das condições no terreno e acompanhamento da implementação e eficácia das medidas.

Os indicadores e metas propostos não devem ser aplicados de forma automática ou universal. Devem ser ajustados às características da atividade, ao enquadramento legal e à capacidade operacional da organização.

A matriz deve, portanto, ser utilizada como instrumento complementar de apoio à decisão e não como uma lista de verificação meramente documental.

6.3 Limitações do estudo

Apesar dos resultados obtidos, a presente investigação apresenta limitações que devem ser consideradas na sua interpretação.

Em primeiro lugar, a amostra foi composta exclusivamente por relatórios de acidentes fatais disponibilizados pelo programa FACE/NIOSH. Os casos não resultaram de uma seleção probabilística e foram produzidos predominantemente no contexto regulamentar e organizacional dos Estados Unidos, abrangendo o período entre 1990 e 2024. Assim, os resultados caracterizam a amostra estudada e apresentam limitações de generalização para outros países, períodos, organizações ou segmentos da construção.

A inclusão exclusiva de acidentes fatais impossibilitou a comparação com acidentes de menor gravidade e quase-acidentes. Além disso, não estavam disponíveis denominadores de exposição, como horas trabalhadas, número de trabalhadores ou duração das fases da obra, pelo que as frequências observadas não permitem estimar taxas de risco.

Em segundo lugar, a qualidade e o nível de detalhe dos relatórios variaram entre os casos. Documentos mais desenvolvidos permitiram identificar um maior número de causas, fatores e barreiras, enquanto relatórios menos detalhados podem ter originado classificações mais reduzidas. A ausência de referência a determinado fator não demonstra necessariamente que este não estivesse presente.

A unidade de análise estatística correspondeu ao acidente. Contudo, cada caso podia incluir vários códigos de causas, fatores contributivos, barreiras e recomendações. Para preservar a independência entre acidentes, algumas variáveis foram transformadas em indicadores binários de presença ou ausência, o que reduziu a representação da intensidade ou repetição interna das ocorrências.

Subsiste alguma circularidade entre determinadas categorias e uma dependência entre a taxonomia construída, a codificação e os padrões obtidos. Algumas categorias foram definidas a partir de conceitos próximos dos próprios resultados que se pretendia observar. Por exemplo, as quedas estavam naturalmente relacionadas com falhas de proteção contra quedas, enquanto os colapsos tendiam a ser associados a falhas de estabilidade estrutural. As análises de sensibilidade permitiram avaliar a influência de algumas decisões de classificação, mas não eliminam a dependência entre o modelo analítico e os padrões encontrados, nem substituem uma taxonomia externamente validada e uma codificação independente.

Uma limitação central decorre da realização de toda a codificação por um único investigador. Não foi efetuada dupla codificação independente, a classificação dos 103 casos não foi revista por um segundo avaliador e não foram calculados indicadores de concordância interavaliadores. Embora o protocolo de codificação, as regras de decisão, as revisões internas da base de dados e as análises de sensibilidade tenham reforçado a coerência interna e a rastreabilidade, estes procedimentos não demonstram a reprodutibilidade das decisões.

A grelha de coerência causal-preventiva foi desenvolvida e aplicada pelo mesmo investigador, não tendo sido submetida a validação de conteúdo por especialistas, avaliação de constructo ou teste independente de fiabilidade. Os resultados obtidos devem, por isso, ser interpretados como uma aplicação exploratória dos critérios definidos, e não como resultados produzidos por um instrumento previamente validado.

A análise retrospetiva apresenta igualmente risco de *hindsight bias*, uma vez que as decisões anteriores ao acidente podem parecer previsivelmente inadequadas após o conhecimento do desfecho. Os relatórios também não permitem confirmar diretamente estados mentais, intenções, perceções ou motivações dos trabalhadores, pelo que as categorias humanas devem ser entendidas como descrições de práticas documentadas e não como diagnósticos psicológicos.

A análise estatística teve natureza exploratória. Algumas categorias apresentaram frequências reduzidas e exigiram testes de permutação e correção para comparações múltiplas. A ausência de significância estatística não demonstra a inexistência de uma relação, podendo refletir a dimensão da amostra, a baixa frequência de determinadas categorias ou a agregação dos dados.

O estudo avaliou apenas o alinhamento documental entre causas, barreiras e recomendações constantes dos relatórios. Não foi possível confirmar a implementação das recomendações FACE, a reposição efetiva das barreiras ou a eficácia das medidas na redução do risco. A análise de sensibilidade mostrou igualmente que a proporção de alinhamento dependia do tratamento atribuído aos casos de coerência parcial. Assim, a coerência documental não deve ser confundida com eficácia preventiva.

A matriz de aprendizagem organizacional também não foi validada externamente. Não houve painel de especialistas, aplicação-piloto em contexto organizacional ou avaliação da clareza, usabilidade, tempo de aplicação, disponibilidade dos dados e exequibilidade operacional. Não foi igualmente testada a capacidade da matriz para melhorar a qualidade das decisões preventivas ou os resultados de segurança. A matriz deve, por isso, ser entendida como uma proposta conceptual e exploratória, cuja aplicabilidade deverá ser testada antes de uma eventual utilização organizacional generalizada.

Embora tenham sido utilizados dados públicos anonimizados, não foi obtido parecer institucional, declaração de não aplicabilidade ou confirmação formal de dispensa de apreciação ética. Esta ausência constitui uma limitação documental do enquadramento ético do estudo.

Estas limitações não invalidam os resultados, mas delimitam o respetivo alcance e reforçam a necessidade de interpretar as conclusões como padrões analíticos identificados numa base documental específica.

6.4 Recomendações para investigação futura

Com base nos resultados obtidos e nas limitações identificadas, considera-se que existem várias oportunidades para aprofundar e complementar o trabalho realizado.

Em primeiro lugar, deverá ser realizada a validação de conteúdo da grelha de coerência causal-preventiva e da matriz de aprendizagem organizacional por um painel multidisciplinar de especialistas em segurança na construção, investigação de acidentes, fatores humanos, gestão de barreiras e aprendizagem organizacional. A avaliação poderá recorrer a rondas Delphi ou a índices de validade de conteúdo, incidindo sobre a clareza, pertinência, abrangência, redundância e aplicabilidade das categorias.

Em segundo lugar, a taxonomia, a grelha e a matriz deverão ser aplicadas independentemente por, pelo menos, dois avaliadores treinados. A fiabilidade deverá ser estimada através de indicadores adequados à natureza das variáveis, como o Kappa de Cohen, o Kappa ponderado, o alfa de Krippendorff ou coeficientes de correlação intraclasse, complementados por uma análise qualitativa das divergências e pela revisão do manual de codificação.

Em terceiro lugar, recomenda-se uma aplicação-piloto num número limitado de obras e atividades críticas. O piloto deverá avaliar a clareza, o tempo de preenchimento, a disponibilidade da informação, a facilidade de utilização, os recursos necessários, a integração com os processos existentes e as dificuldades de execução.

Em quarto lugar, deverá ser efetuada uma avaliação da usabilidade e aceitabilidade junto de técnicos de segurança, supervisores, trabalhadores, projetistas e responsáveis de produção, combinando escalas estruturadas, observação da utilização, entrevistas e análise das decisões produzidas.

Em quinto lugar, deverão ser desenvolvidos estudos prospetivos ou quase-experimentais que comparem as decisões e os resultados antes e depois da aplicação da matriz. Estes estudos deverão verificar a implementação das recomendações, o estado funcional das barreiras, a qualidade das ações corretivas, a recorrência de desvios, os quase-acidentes e, quando possível, a redução dos acidentes.

Por fim, recomenda-se replicar a análise em bases documentais de diferentes países, organizações e períodos, com taxonomias previamente estabilizadas e codificação independente, de modo a avaliar a transferibilidade dos padrões identificados. As investigações futuras poderão também integrar acidentes graves não fatais, quase-acidentes e indicadores proativos de segurança, permitindo comparar diferentes níveis de gravidade e identificar sinais antecipatórios de degradação das barreiras. Deverá ainda ser obtida confirmação institucional prévia quanto à necessidade de apreciação ética ou à respetiva dispensa.

A eventual evolução da matriz para uma ferramenta digital e automatizada deverá ocorrer apenas após a validação do conteúdo, da fiabilidade, da usabilidade, da exequibilidade e do impacto preventivo da proposta conceptual.

7 BIBLIOGRAFIA

Barra, I. A., Yonge, R. M., & Regord, F. V. (2025, July). Precursors of falls from height in two main contractor companies in the Chilean construction sector and their subcontractors: Shared vision and preventive prioritization. *American Journal of Industrial Medicine, 68*(1), 106-S114. doi:https://doi.org/10.1002/ajim.23638

Kudlinski, D., & Ryu, J. (2026). Struck-by fatalities in construction: A systematic review of regulatory roles, responsibilities, and research gaps. *Journal of Safety Research, 96*, 11-18. doi:https://doi.org/10.1016/j.jsr.2025.11.010

Lee, W., Migliaccio, G. C., Lin , K.-Y., & Seto, E. Y. (2020, March). Workforce development: understanding task-level job demands-resources, burnout, and performance in unskilled construction workers. *Safety Science, 123*. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104577

Newaz, M. T., Jefferies, M., & Ershadi, M. (2025). A critical analysis of construction incident trends and strategic interventions for enhancing safety. *Safety Science, 187*(0925-7535). doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106865

Rasmussen, J. (1997, December). Risk Management in a Dynamic Society: A Modelling Problem. *Safety Science, 27*, 183-213. doi:https://doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00052-0

Ahonen , E. Q., Benavides, F. G., & Benach, J. (2007). Immigrant populations, work and health—a systematic literature review. *Scand J Work Environ Health, 33*(2), 96-104. doi:https://doi.org/10.5271/sjweh.1112

Ahonen, E. Q., Benavides, F. G., & Benach, J. (2007, April). Immigrant populations, work and health—a systematic literature review. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 33*(2), 96-104. doi:https://doi.org/10.5271/sjweh.1112

Akoglu, H. (2018, September). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of EM, 18*(3), 91-93. doi:https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001

Arquillos, A. L., Romero, J. C., & Gibb, A. (2012, December). Analysis of Construction Accidents in Spain, 2003–2008. *Journal of Safety Research, 43(5-6)*, 381-8. doi:https://doi.org/10.1016/j.jsr.2012.07.005

Bachelet, V. (2018). Work-related injuries resulting in death in Chile: a cross-sectional study on 2014 and 2015 registries. *BMJ Open, 8*(6). doi:https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-020393

Beavers, J. E., Moore, J., Rinehart, R., & Schriver, W. R. (2006). Crane-Related Fatalities in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management, 132*(9). doi:https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:9(901)

Bird, F. E. (1974). *Management Guide to Loss Control.* Loganville, Georgia, United States: Institute Press.

Canoy, D. (2015). *A Dictionary of Epidemiology — The evolution towards the 6th edition.* Miguel Porta Oxford University Press. doi:https://doi.org/10.1016/j.bbacli.2015.06.005

Chi , C. F., Chang , T. C., & Ting , H.-I. (2005, July). Accident patterns and prevention measures for fatal occupational falls in the construction industry. *Applied Ergonomics, 36*(4), 391-400. doi:https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.09.011

Chi, C.-F., Yang, C.-C., & Chen, Z.-L. (2009). In-depth accident analysis of electrical fatalities in the construction industry. *International Journal of Industrial Ergonomics, 39*, 635-644. doi:https://doi.org/10.1016/j.ergon.2007.12.003

Chiang, Y.-H., Wong, F. K.-W., & Liang, S. (2018). Fatal Construction Accidents in Hong Kong. *Journal of Construction Engineering and Management, 144*. doi:https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001433

de las Heras-Rosas, C., Suárez-Cebador, M., Salguero-Caparrós, F., & Rubio-Romero, J. (2025, October). Analysis of the main components precursors of occupational accidents in the construction industry in Spain (2003–2022). *Safety Science, 190*, 106902. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106902

Dong, X. S., Wang, X., & Daw, C. (2012). Fatal Falls Among Older Construction Workers. *Human Factors, 54*, 303-15. doi:https://doi.org/10.1177/0018720811410057

Duryan, M., Smyth, H., Roberts, A., Rowlinson, S., & Sherratt , F. (2020). Knowledge transfer for occupational health and safety: Cultivating health and safety learning culture in construction firms. *Accident Analysis & Prevention, 139*. doi:https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105496

Eurostat. (2025). *Accidents at Work Statistics*. Retrieved june 11, 2026, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Accidents_at_work_statistics

Gabinete de Estratégia e Planeamento. (2024). *Acidentes de Trabalho 2023 – Síntese Estatística.* Ministério do Trabalho, Solidariedade e Segurança Social. Retrieved from https://www.gep.mtsss.gov.pt/documents/10182/26338/at2023sint.pdf/22ebe6d0-7d99-4f0b-9e55-d1085e45b61f

Heinrich, H. W. (1931). *Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach.* New York: McGraw-Hill book Company, Incorporated. Retrieved from https://archive.org/details/dli.ernet.14601/page/365/mode/2up

Hollnagel, E., & Vanderhaegen, F. (2015). Safety-I and Safety-II, the past and future of safety management. In E. Hollnagel, & F. Vanderhaegen, *Safety-I and Safety-II, the past and future of safety management* (Vol. 17, pp. 461-464). Cognition Technology and Work. doi:https://doi.org/10.1007/s10111-015-0345-z

Hulley, S. B., Cummings, S. R., Browner, W. S., Grady , D. G., & Newman, T. B. (2013). *Designing Clinical Research.* Lippincott Williams & Wilkins. Retrieved from https://apn.lwwhealthlibrary.com/book.aspx?bookid=1278&sectionid=0

International Labour Organization. (2023). *Facts on Safety and Health at Work*. Retrieved june 11, 2026, from https://www.ilo.org/media/319841/download

Ismail, H. B., & Ghani, K. D. (2012). Potential Hazards at the Construction Workplace due to Temporary Structures. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 49*, 168-174. doi:https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.07.015

Jacobsson, A., Ek, Å., & Akselsson, R. (2012, May). Learning from incidents – A method for assessing the effectiveness of the learning cycle. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 25*(3), 561-570. doi:https://doi.org/10.1016/j.jlp.2011.12.013

Kang, Y., Siddiqui, S., Suk, S. J., Chi, S., & Kim, C. (2017). Trends of Fall Accidents in the U.S. Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management, 143(8)*(3). doi:https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001332

Katsakiori, P., Sakellaropoulos , G., & Manatakis , E. (2009, August). Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models. *Safety Science, 47*(7), 1007-1015. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.11.002

Kjellén, U. (2023). Preventing fatal accidents in construction through the management of barriers. *Heliyon, 9*(11). doi:https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21715

Konda, S., Tiesman, H. M., & Reichard, A. A. (2016). Fatal Traumatic Injuries in the Construction Industry. *American Journal of Industrial Medicine, 59(3)*, 212-20. doi:https://doi.org/10.1002/ajim.22557

Leplat, J. (1978). *Les accidents du travail.* Paris: Presses Universitaires de France (PUF).

Leveson, N. (2004, April). A New Accident Model for Engineering Safer Systems. *Safety Science, 42*(4), 237-270. doi:https://doi.org/10.1016/S0925-7535(03)00047-X

Lukic, D., Littlejohn, A., & Margaryan, A. (2012, April). A framework for learning from incidents in the workplace. *Safety Science, 50*(4), 950-957. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.12.032

Ma, G., Wu, Z., Jia, J., & Shang, S. (2021, November). Safety risk factors comprehensive analysis for construction project: Combined cascading effect and machine learning approach. *Safety Science, 143*, 105410. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105410

Moyce, S. C., & Schenker , M. (2018, April). Migrant Workers and Their Occupational Health and Safety. *Annu Rev Public Health, 39*, 351–365. doi:https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-040617-013714

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond large-scale production.* Productivity Press.

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production.* Portland, Oregon, United States: Productivity Press.

Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents* (1st Edition ed.). London: Routledge. doi:https://doi.org/10.4324/9781315543543

Rigney, J., & Evans, T. (2025, February). *Managing Coordination Risks in Complex Construction Projects*. Retrieved from Clyde&Co: https://www.clydeco.com/en/insights/2024/12/managing-coordination-risks-in-complex-constructio

Rooney, J. J., & Heuvel, L. V. (2004, July). Root Cause Analysis For Beginners. *Quality Progress, 37*(7), 45-53. Retrieved from https://api.semanticscholar.org/CorpusID:221260780

Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (2000). *The Human Factors.* Federal Aviation Administration (FAA), U.S. Department of Transportation. Washington, D.C., United States: Office of Aviation Medicine. Retrieved from https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/21482

Shappell, S., & Wiegmann, D. A. (2000). *The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS.*

Swart, L., Buys, T., & Claassen, N. (2025, March). Mapping the Evidence on the Assessment of Fitness to Work at Heights: A Scoping Review. *BMJ Open, 15*(3). doi:https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-093525

Tadesse, S., & Israel , D. (2016). Occupational Injuries among Building Construction Workers in Addis Ababa, Ethiopia. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 11*(16). doi:https://doi.org/10.1186/s12995-016-0107-8

Underwood, P., & Waterson, P. (2014). Systems thinking, the Swiss Cheese Model and accident analysis: A comparative systemic analysis of the Grayrigg train derailment using the ATSB, AcciMap and STAMP models. *Accident Analysis & Prevention, 68*(0001-4575), 75-94. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.07.027

Varianou-Mikellidou, C., Nicolaidou, O., Vogazianos, P., Boustras, G., Dimopoulos, C., & Mikellides, N. (2025, July). Analysis of fall accidents at work: The case of Cyprus (2010–2019). *Safety Science, 187*, 106871. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106871

Varianou-Mikellidou, C., Nicolaidou, O., Vogazianos, P., Boustras, G., Dimopoulos, C., & Mikellides, N. (2025, July). Analysis of fall accidents at work: The case of Cyprus (2010–2019). *Safety Science, 187*. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106871

Winge, S., & Albrechtsen, E. (2018). Accident types and barrier failures in the construction industry. *Safety Science, 105*, 158-166. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.02.006

Yankson, I. K., Karikari, A., Okyere, P., Koranteng , A., Afukaar , A., Otupiri , E., . . . Mock , C. (2023). Occupational Injuries among Road Construction Workers in Ghana. *Postgraduate Medical Journal of Ghana, 12*(2), 101–107. doi:https://doi.org/10.60014/pmjg.v12i2.338

Zhou, Z., Goh, Y. M., & Li, Q. (2015, February). Overview and analysis of safety management studies in the construction industry. *Safety Science, 72*, 337-350. doi:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.10.006

APÊNDICE A - APLICAÇÃO INTEGRADA DOS MÉTODOS DE ANÁLISE CAUSAL

O presente apêndice apresenta exemplos da aplicação integrada dos métodos dos 5 Porquês, RCA e Árvore de Causas a acidentes fatais incluídos na amostra da investigação.

Os quatro casos selecionados representam diferentes mecanismos de acidentes na construção civil e têm como finalidade ilustrar o procedimento metodológico seguido durante a análise dos 103 relatórios do programa FACE/NIOSH. A seleção procurou abranger diferentes tipologias de acidente, permitindo demonstrar a consistência da metodologia independentemente do mecanismo de ocorrência.

Para cada caso apresenta-se uma breve descrição do acidente, seguida da aplicação do método dos 5 Porquês, da classificação das causas através do RCA, da construção da Árvore de Causas e de uma síntese metodológica que evidencia o contributo da aplicação integrada destes métodos para a identificação das causas organizacionais e para o desenvolvimento de medidas preventivas.

Este apêndice contém:

- A.1 - Queda através de claraboia (FACE Report 23KY00901)
- A.2 - Eletrocussão durante utilização de plataforma elevatória (FACE Report 23KY005)
- A.3 - Queda de balde de escavadora sobre trabalhador em vala (FACE Report 20CA002)
- A.4 - Colapso de muro adjacente sobre trabalhador em vala (FACE Report 23CA003)

A.1 - Queda através de claraboia (FACE Report 23KY00901)

Elemento	Informação
Relatório FACE	23KY00901
Tipo de acidente	Queda em altura através de claraboia
Setor	Construção civil
Métodos aplicados	5 Porquês + Root Cause Analysis (RCA) + Árvore de Causas

A.1.1 - Descrição resumida do acidente

O acidente ocorreu durante uma inspeção realizada na cobertura de um edifício comercial. Enquanto se deslocava sobre a cobertura, o trabalhador pisou uma claraboia constituída por material translúcido que não possuía resistência suficiente para suportar o peso de uma pessoa. A claraboia cedeu, provocando a queda do trabalhador para o interior do edifício e originando lesões fatais. A investigação identificou que, apesar da existência de um programa de segurança na empresa, não foram implementadas medidas eficazes de proteção coletiva ou individual para prevenir quedas através de superfícies frágeis, nem foram devidamente identificados os perigos associados às claraboias existentes na cobertura.

A.1.2 - Análise causal através do método dos 5 Porquês

O método dos 5 Porquês foi utilizado para aprofundar progressivamente a cadeia causal do acidente, permitindo identificar as causas organizacionais subjacentes.

Etapa de análise	Resultado obtido
Evento	O gestor de projeto caiu através de uma claraboia durante uma inspeção à cobertura do edifício.
1º Porquê?	Porque pisou uma claraboia de policarbonato, que não suportou o seu peso e rompeu-se, provocando a queda para o interior do edifício.
2º Porquê?	Porque a claraboia não se encontrava protegida por guarda-corpos, grelhas de proteção (skylight screens) ou outro sistema de proteção coletiva capaz de impedir a queda.
3º Porquê?	Porque os trabalhadores realizavam a inspeção da cobertura sem utilizar qualquer sistema de proteção contra quedas, apesar de trabalharem em altura e de existirem políticas internas que exigiam essa proteção.
4º Porquê?	Porque os perigos específicos associados às claraboias frágeis não foram devidamente identificados nem controlados antes do início da atividade, não tendo sido realizada uma análise de perigos adequada nem implementadas medidas preventivas compatíveis com o risco existente.
5º Porquê?	Porque existiram falhas ao nível do sistema de gestão da segurança, traduzidas na insuficiente identificação dos perigos da tarefa, na ausência de medidas eficazes de proteção coletiva e na falta de implementação e fiscalização efetiva do cumprimento das regras de proteção contra quedas.
Causa organizacional identificada	Deficiências no processo de gestão do risco para trabalhos em altura, nomeadamente na avaliação prévia dos perigos, na implementação de medidas de engenharia para proteção das claraboias e na garantia do cumprimento das medidas de proteção contra quedas durante a execução da atividade.

A aplicação do método dos 5 Porquês permitiu demonstrar que o acidente não resultou exclusivamente da ação de o trabalhador pisar uma claraboia, mas da sucessiva acumulação de falhas técnicas e organizacionais que criaram as condições para a ocorrência do evento fatal. A análise evidencia a evolução da investigação desde o acontecimento observável até às deficiências do sistema de gestão da segurança, constituindo a base para a aplicação subsequente do RCA e da Árvore de Causas.

A.1.3 - Análise causal através do RCA

Após a aplicação do método dos 5 Porquês, procedeu-se à estruturação hierárquica das causas através do RCA. Esta etapa permitiu distinguir o acontecimento desencadeador do acidente das condições que favoreceram a sua ocorrência e das causas organizacionais subjacentes, estabelecendo uma relação lógica entre os diferentes níveis de causalidade. A classificação das causas em categorias técnicas, humanas e organizacionais seguiu os critérios de codificação definidos no ponto **3.7** da presente dissertação.

Nível de causalidade	**Descrição**	**Categoria**	**Fundamentação (evidência documental)**
Evento	Queda do trabalhador através de uma claraboia durante uma inspeção na cobertura do edifício.	_____	O relatório descreve que o trabalhador pisou uma claraboia translúcida que cedeu sob o seu peso, provocando a queda para o interior do edifício.
Causa imediata	Rotura da claraboia após o trabalhador caminhar sobre uma superfície frágil sem proteção contra quedas.	Técnica	A claraboia não possuía resistência para suportar a carga aplicada e não existia qualquer sistema de proteção que impedisse a queda após a sua rotura.
Causa contributiva	Ausência de guarda-corpos, grelhas de proteção (*skylight screens*) ou outro sistema de proteção coletiva nas claraboias.	Organizacional	O relatório refere que as claraboias não possuíam qualquer proteção física destinada a impedir a queda dos trabalhadores.

Nível de causalidade	Descrição	Categoria	Fundamentação (evidência documental)
Causa contributiva	Não utilização de sistema individual de proteção contra quedas durante a inspeção da cobertura.	Humana / Organizacional	Embora existissem políticas internas relativas aos trabalhos em altura, estas não foram implementadas nem verificadas durante a execução da atividade.
Causa contributiva	Avaliação insuficiente dos perigos associados às superfícies frágeis existentes na cobertura.	Organizacional	O risco específico representado pelas claraboias não foi adequadamente identificado nem controlado antes do início da inspeção.
Causa-raiz	Deficiências no sistema de gestão da segurança, traduzidas por falhas na avaliação dos riscos, no planeamento da atividade, na implementação das barreiras de segurança e na fiscalização do cumprimento dos procedimentos de proteção contra quedas.	Organizacional	As recomendações emitidas pelo FACE enfatizam a necessidade de identificar previamente as claraboias como superfícies frágeis, instalar sistemas permanentes de proteção, assegurar a utilização efetiva de proteção contra quedas e reforçar a gestão dos trabalhos em altura, evidenciando insuficiências sistémicas na gestão do risco.

A.1.4 - Reconstrução da sequência causal através da Árvore de Causas

A Árvore de Causas foi utilizada como ferramenta complementar para reconstruir a sequência lógica dos acontecimentos que conduziram ao acidente, permitindo representar a interação entre condições de trabalho, ações desenvolvidas, falhas nas barreiras de segurança e fatores organizacionais. A Figura A.1 apresenta uma representação simplificada da sequência causal identificada.

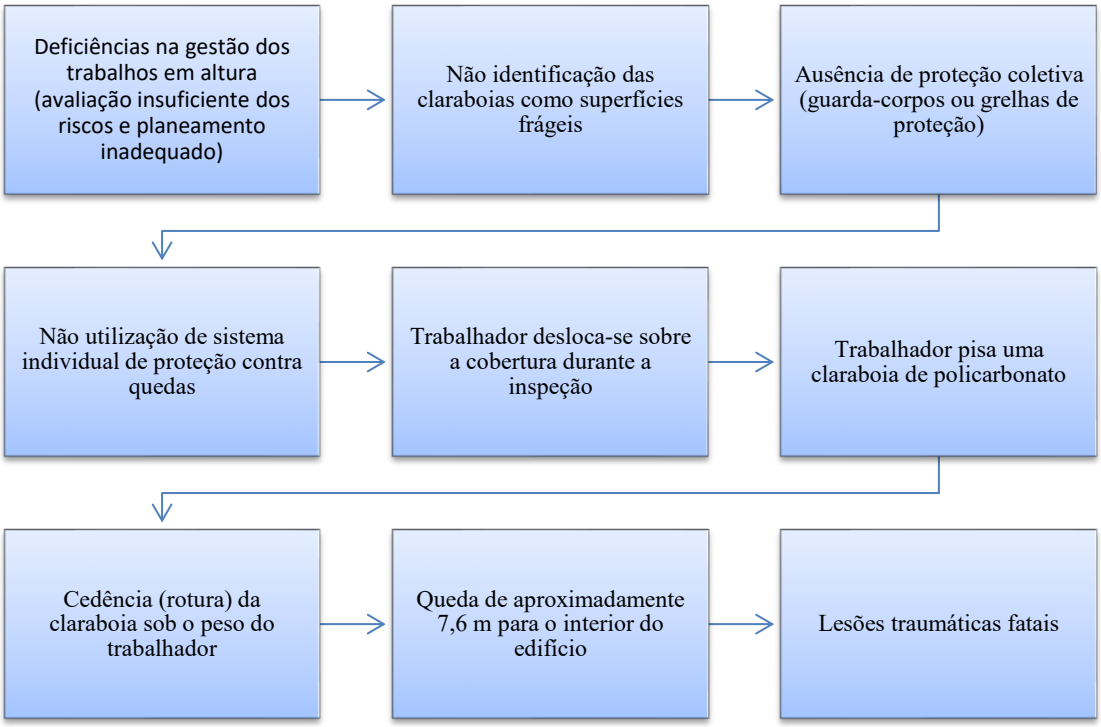


Figura A.1 - Reconstrução da Árvore de Causas do acidente por queda através de claraboia.

A.1.5 - Síntese metodológica

A aplicação integrada dos 5 Porquês, do RCA e da Árvore de Causas permitiu identificar e estruturar a cadeia causal do acidente, desde o acontecimento inicial até à causa-raiz. A utilização complementar destes métodos assegurou uma análise sistemática, coerente e rastreável, metodologia que foi igualmente aplicada aos restantes acidentes que constituem a amostra da presente investigação.

A.2 - Eletrocussão durante utilização de plataforma elevatória (FACE Report 23KY005)

Elemento	Informação
Relatório FACE	23KY005
Mecanismo do acidente	Eletrocussão por contacto com linha elétrica aérea energizada
Setor de atividade	Construção civil (coberturas)
Métodos aplicados	5 Porquês, Root Cause Analysis (RCA) e Árvore de Causas

A.2.1 - Descrição resumida do acidente

O acidente ocorreu durante trabalhos de substituição de componentes metálicos da cobertura de um edifício comercial. Dois trabalhadores utilizavam uma plataforma elevatória telescópica para descer da cobertura quando o equipamento se aproximou de uma linha elétrica aérea energizada localizada junto ao edifício. Durante a descida, a cabeça do operador da plataforma entrou em contacto com um condutor elétrico de aproximadamente 70 kV, provocando a sua eletrocussão fatal. O segundo trabalhador sofreu queimaduras elétricas de segundo grau nas mãos e no braço. A investigação identificou diversos fatores contributivos, incluindo a reduzida distância entre a plataforma e as linhas elétricas, a ausência de equipamentos de proteção adequados, a inexistência de uma análise prévia dos riscos associados às linhas energizadas e a necessidade de formação específica sobre perigos elétricos.

Etapa de análise	Resultado obtido
Evento	O operador da plataforma elevatória sofreu uma eletrocussão fatal durante a descida da cobertura do edifício.
1º Porquê?	Porque a cabeça do trabalhador entrou em contacto com uma linha elétrica aérea energizada de aproximadamente 70 kV durante a operação da plataforma elevatória
2º Porquê?	Porque a plataforma foi movimentada demasiado próximo da linha elétrica, reduzindo a distância mínima de segurança durante a descida.
3º Porquê?	Porque a atividade foi realizada sem medidas eficazes para controlar o risco elétrico, nomeadamente a definição de zonas de exclusão, procedimentos específicos de trabalho junto de linhas energizadas ou utilização de equipamentos de proteção adequados.
4º Porquê?	Porque os perigos associados às linhas elétricas aéreas não foram devidamente avaliados antes do início da atividade, não tendo sido implementadas medidas preventivas compatíveis com o risco existente.
5º Porquê?	Porque existiram deficiências no sistema de gestão da segurança, traduzidas na insuficiente avaliação dos riscos, no planeamento inadequado da tarefa, na formação sobre perigos elétricos e no controlo das condições de execução dos trabalhos.

Etapa de análise	Resultado obtido
Causa organizacional identificada	Deficiências na gestão dos trabalhos realizados na proximidade de linhas elétricas energizadas, nomeadamente ao nível da avaliação dos riscos, do planeamento operacional, da implementação de medidas de controlo e da formação específica dos trabalhadores para riscos elétricos.

A aplicação do método dos 5 Porquês permitiu demonstrar que a eletrocussão não resultou apenas do contacto do trabalhador com a linha elétrica aérea, mas da sucessiva acumulação de falhas relacionadas com a avaliação dos riscos, o planeamento da atividade e a implementação de medidas de prevenção adequadas para trabalhos na proximidade de instalações elétricas energizadas.

A.2.3 - Análise causal através do RCA

Após a aplicação do método dos 5 Porquês, procedeu-se à estruturação hierárquica das causas através do RCA. Esta etapa permitiu distinguir o acontecimento desencadeador do acidente das condições que favoreceram a sua ocorrência e das causas organizacionais subjacentes, estabelecendo uma relação lógica entre os diferentes níveis de causalidade. A classificação das causas em categorias técnicas, humanas e organizacionais seguiu os critérios de codificação definidos no ponto **3.7** da presente dissertação.

Nível de causalidade	Descrição	Categoria	Fundamentação (evidência documental)
Evento	Eletrocussão fatal do operador de uma plataforma elevatória durante a descida da cobertura de um edifício.	———	O relatório descreve que o operador entrou em contacto com uma linha elétrica aérea energizada durante a operação da plataforma, sofrendo uma eletrocussão fatal.
Causa imediata	Contacto direto da cabeça do trabalhador com uma linha elétrica aérea energizada de aproximadamente 70 kV.	Técnica	Durante a descida da plataforma elevatória, esta aproximou-se da linha elétrica, permitindo o contacto do trabalhador com o condutor energizado.
Causa contributiva	Proximidade excessiva da plataforma elevatória em relação às linhas elétricas aéreas.	Técnica / Organizacional	O espaço disponível entre o edifício e as linhas elétricas era reduzido, aumentando significativamente o risco de contacto durante a operação do equipamento.
Causa contributiva	Ausência de medidas eficazes para controlar os riscos associados às linhas elétricas energizadas, incluindo definição de distâncias de segurança e análise prévia dos perigos.	Organizacional	O relatório identifica os perigos das linhas elétricas aéreas como um dos principais fatores contributivos e recomenda a realização de uma análise de perigos antes do início dos trabalhos.

Nível de causalidade	Descrição	Categoria	Fundamentação (evidência documental)
Causa contributiva	Não utilização de equipamentos de proteção individual adequados para trabalhos na proximidade de instalações elétricas energizadas.	Humana / Organizacional	O relatório refere que os trabalhadores não utilizavam equipamentos de proteção apropriados e identifica esta situação como fator contributivo para a gravidade do acidente.
Causa contributiva	Formação insuficiente sobre os riscos associados aos trabalhos na proximidade de linhas elétricas aéreas.	Organizacional	A necessidade de formação específica sobre perigos elétricos é identificada pelo FACE como um dos fatores relevantes para a prevenção de acidentes semelhantes.
Causa-raiz	Deficiências no sistema de gestão da segurança relacionadas com a avaliação dos riscos, o planeamento dos trabalhos, a implementação de medidas de controlo para riscos elétricos e a formação dos trabalhadores.	Organizacional	As recomendações do relatório enfatizam a necessidade de realizar análises de perigos, assegurar distâncias mínimas de segurança relativamente às linhas energizadas, implementar procedimentos específicos de trabalho e reforçar a formação em riscos elétricos, evidenciando insuficiências ao nível da gestão da segurança.

A aplicação do RCA permitiu demonstrar que a eletrocussão não resultou exclusivamente do contacto do trabalhador com a linha elétrica aérea energizada, mas da interação entre falhas técnicas, humanas e organizacionais que permaneceram latentes até à ocorrência do acidente. A estruturação das causas em diferentes níveis de causalidade permitiu estabelecer uma relação direta entre as evidências documentadas no relatório FACE e os fatores que deverão ser prioritariamente considerados na implementação de medidas preventivas.

A.2.4 - Reconstrução da sequência causal através da Árvore de Causas

A Árvore de Causas foi utilizada como ferramenta complementar para reconstruir a sequência lógica dos acontecimentos que conduziram ao acidente, permitindo representar a interação entre condições de trabalho, ações desenvolvidas, falhas nas barreiras de segurança e fatores organizacionais. A Figura A.2 apresenta uma reconstrucção da sequência causal identificada com base nas evidências documentadas no relatório FACE 23KY005.

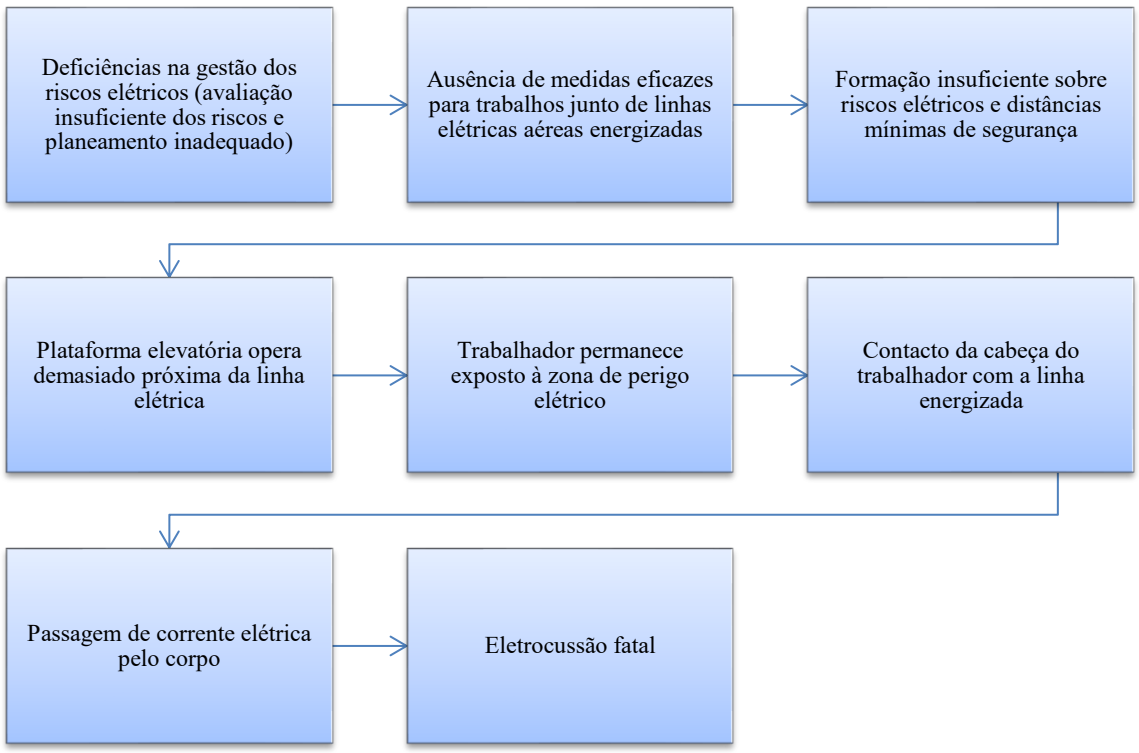


Figura A.2 - Reconstrução da sequência causal do acidente por eletrocussão durante a utilização de uma plataforma elevatória.

A representação da sequência causal evidencia que a eletrocussão não resultou exclusivamente do contacto do trabalhador com a linha elétrica aérea energizada. O acidente decorreu da interação entre falhas no planeamento da atividade, na avaliação dos riscos, na implementação de medidas de controlo para trabalhos na proximidade de linhas energizadas e na formação dos trabalhadores para riscos elétricos. A reconstrução

da sequência causal confirmou a coerência entre os resultados obtidos através dos 5 Porquês e do RCA, reforçando a consistência da análise causal desenvolvida na presente investigação.

A.2.5 - Síntese metodológica

A aplicação integrada dos 5 Porquês, do RCA e da Árvore de Causas permitiu identificar e estruturar a cadeia causal do acidente, desde o contacto do trabalhador com a linha elétrica energizada até às falhas organizacionais subjacentes relacionadas com a gestão dos riscos elétricos. A utilização complementar destes métodos assegurou uma análise sistemática, coerente e rastreável, metodologia que foi igualmente aplicada aos restantes acidentes que constituem a amostra da presente investigação.

A.3 - Queda de balde de escavadora sobre trabalhador em vala (FACE Report 20CA002)

Elemento	Informação
Relatório FACE	20CA002
Mecanismo do acidente	Queda de balde de escavadora devido à libertação do engate rápido (*quick coupler*)
Setor de atividade	Construção civil (instalação de infraestruturas subterrâneas)
Métodos aplicados	5 Porquês, Root Cause Analysis (RCA) e Árvore de Causas

A.3.1 - Descrição resumida do acidente

O acidente ocorreu durante trabalhos de instalação de tubagens subterrâneas num estaleiro de construção. Enquanto um operador utilizava uma escavadora para escavar uma vala, o balde da máquina desprendeu-se inesperadamente do sistema de engate rápido (*quick coupler*) durante um movimento de recolha do braço da escavadora, atingindo um canalizador que se encontrava no interior da vala a orientar os trabalhos. O trabalhador sofreu lesões traumáticas fatais. A investigação identificou como fatores contributivos a falha do sistema de engate rápido, a inexistência de uma pessoa competente no local para identificar e controlar os riscos, a ausência de um programa formal de segurança e a insuficiência da inspeção e manutenção do equipamento.

A.3.2 - Análise causal através do método dos 5 Porquês

O método dos 5 Porquês foi aplicado ao acidente descrito no relatório FACE 20CA002, permitindo aprofundar progressivamente a investigação desde o evento acidental até à identificação das causas organizacionais subjacentes. A sequência de questões foi interrompida quando a análise conduziu a fatores sistémicos suficientemente suportados pelas evidências documentadas no relatório.

Etapa de análise	Resultado obtido
Evento	O canalizador foi mortalmente atingido pelo balde de uma escavadora enquanto trabalhava no interior de uma vala.
1º Porquê?	Porque o balde desprendeu-se inesperadamente do sistema de engate rápido (*quick coupler*) durante a operação da escavadora e caiu sobre o trabalhador.
2º Porquê?	Porque ocorreu uma libertação não intencional do balde, indicando uma falha do sistema de engate rápido ou da sua condição operacional.
3º Porquê?	Porque o equipamento não foi adequadamente inspecionado e mantido antes da sua utilização, não sendo identificada a condição que permitiu a libertação do balde.
4º Porquê?	Porque não existia uma pessoa competente no local para identificar os perigos da operação, garantir a inspeção do equipamento e impedir a permanência de trabalhadores sob a lança da escavadora durante a movimentação do balde.
5º Porquê?	Porque existiram deficiências no sistema de gestão da segurança, traduzidas pela inexistência de um programa formal de segurança, pela insuficiência dos procedimentos de inspeção e manutenção dos equipamentos e pela ausência de supervisão adequada das operações de escavação.
Causa organizacional identificada	Deficiências na gestão das operações com equipamentos de movimentação de terras, nomeadamente ao nível da inspeção e manutenção dos equipamentos, da supervisão das atividades e do controlo da exposição dos trabalhadores às zonas de perigo durante operações de escavação.

A aplicação do método dos 5 Porquês permitiu demonstrar que o acidente não resultou exclusivamente da libertação inesperada do balde da escavadora, mas da acumulação de falhas relacionadas com a gestão dos equipamentos, a identificação dos perigos, a supervisão das operações e a implementação de medidas preventivas destinadas a impedir a exposição dos trabalhadores às zonas de risco.

A.3.3 - Análise causal através do *Root Cause Analysis* (RCA)

Após a aplicação do método dos 5 Porquês, procedeu-se à estruturação hierárquica das causas através do RCA. Esta etapa permitiu distinguir o acontecimento desencadeador do acidente das condições que favoreceram a sua ocorrência e das causas organizacionais subjacentes, estabelecendo uma relação lógica entre os diferentes níveis de causalidade.

A classificação das causas em categorias técnicas, humanas e organizacionais seguiu os critérios de codificação definidos no ponto 3.7 da presente dissertação.

Nível de causalidade	Descrição	Categoria	Fundamentação (evidência documental)
Evento	Trabalhador atingido mortalmente pelo balde de uma escavadora durante trabalhos no interior de uma vala.	_____	O relatório descreve que o balde desprendeu-se do sistema de engate rápido (*quick coupler*) durante a operação da escavadora, atingindo o trabalhador que se encontrava na vala.
Causa imediata	Libertação inesperada do balde da escavadora durante a operação.	Técnica	O desprendimento do balde constituiu o acontecimento imediatamente anterior ao impacto sobre o trabalhador.
Causa contributiva	Falha na inspeção e manutenção do sistema de engate rápido (*quick coupler*).	Técnica / Organizacional	O relatório recomenda a inspeção e manutenção adequadas do sistema de engate rápido, evidenciando insuficiências no controlo do equipamento.
Causa contributiva	Permanência de trabalhadores no raio de ação da escavadora durante a movimentação do balde.	Humana / Organizacional	O trabalhador encontrava-se no interior da vala durante a operação da escavadora, permanecendo exposto à zona de perigo.
Causa contributiva	Ausência de uma pessoa competente para identificar perigos e controlar a execução dos trabalhos.	Organizacional	O FACE recomenda que exista uma pessoa competente para identificar perigos e implementar medidas corretivas durante as operações de escavação.
Causa-raiz	Deficiências no sistema de gestão da segurança relacionadas com a inspeção e manutenção dos equipamentos, a supervisão das operações de escavação e o controlo da exposição dos trabalhadores às zonas de perigo.	Organizacional	As recomendações do relatório incluem a implementação de um programa formal de segurança, a designação de uma pessoa competente, a inspeção sistemática dos equipamentos e a adoção de procedimentos que impeçam a permanência de trabalhadores sob cargas suspensas ou equipamentos em

Nível de causalidade	Descrição	Categoria	Fundamentação (evidência documental)
			movimento, evidenciando falhas sistémicas na gestão da segurança.

A aplicação do RCA permitiu demonstrar que o acidente não resultou exclusivamente da libertação inesperada do balde da escavadora, mas da interação entre falhas técnicas, humanas e organizacionais relacionadas com a gestão dos equipamentos, a supervisão das operações e o controlo dos riscos durante trabalhos de escavação. A estruturação das causas em diferentes níveis de causalidade permitiu estabelecer uma ligação direta entre as evidências documentadas no relatório FACE e os fatores prioritários para a prevenção de acidentes semelhantes.

A.3.4 - Reconstrução da sequência causal através da Árvore de Causas

A Árvore de Causas foi utilizada como ferramenta complementar para reconstruir a sequência lógica dos acontecimentos que conduziram ao acidente, permitindo representar a interação entre as condições de trabalho, as ações desenvolvidas, as falhas dos equipamentos e os fatores organizacionais identificados durante a investigação. A Figura A.3 apresenta uma reconstrução simplificada da sequência causal elaborada com base nas evidências documentadas no relatório FACE 20CA002.

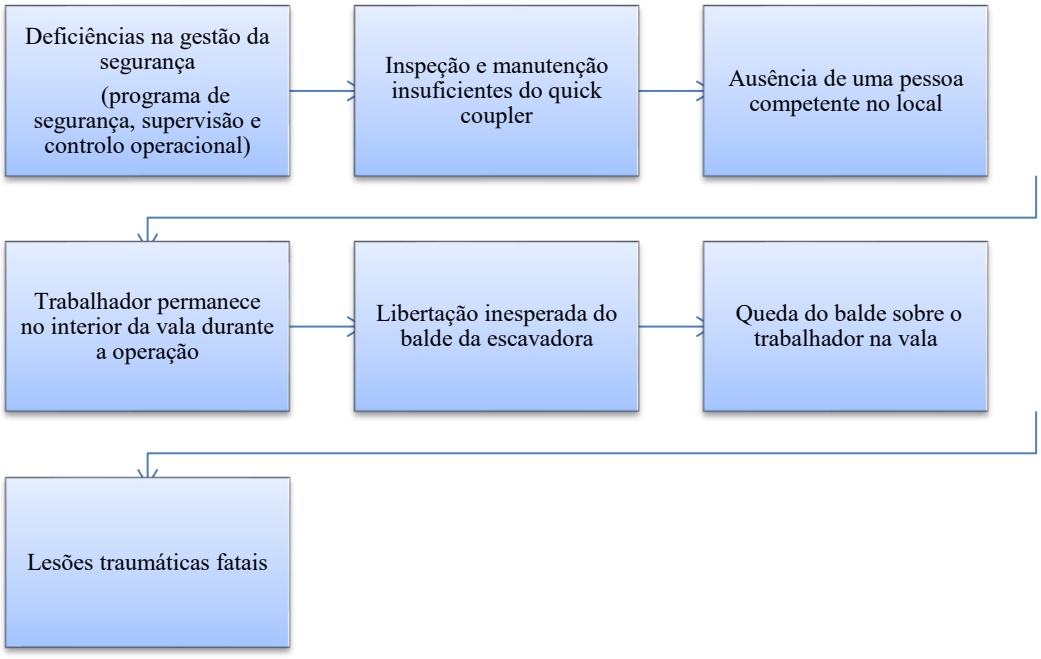


Figura A.3 - Reconstrução da sequência causal do acidente por queda do balde de uma escavadora.

A reconstrução da sequência causal evidencia que o acidente resultou da interação entre falhas relacionadas com a gestão da segurança, a inspeção e manutenção do equipamento, a supervisão da atividade e o controlo da exposição dos trabalhadores à zona de perigo. A sequência reconstruída confirma a coerência entre os resultados obtidos através do método dos 5 Porquês e do RCA, reforçando a consistência da análise causal desenvolvida na presente investigação.

A.3.5 - Síntese metodológica

A aplicação integrada dos 5 Porquês, do RCA e da Árvore de Causas permitiu identificar e estruturar a cadeia causal do acidente, desde a libertação inesperada do balde da escavadora até às falhas organizacionais relacionadas com a gestão dos equipamentos, a supervisão das operações e o controlo dos riscos durante trabalhos de escavação. A utilização complementar destes métodos assegurou uma análise sistemática, coerente e rastreável, metodologia que foi igualmente aplicada aos restantes acidentes que constituem a amostra da presente investigação.

A.4 - Colapso de muro adjacente sobre trabalhador em vala (FACE Report 23CA003)

Elemento	Informação
Relatório FACE	23CA003
Tipo de acidente	Colapso de muro adjacente durante trabalhos de escavação
Setor	Construção civil (infraestruturas subterrâneas)
Métodos aplicados	5 Porquês + Root Cause Analysis (RCA) + Árvore de Causas

A.4.1 - Descrição resumida do acidente

O acidente ocorreu durante trabalhos de escavação para instalação de infraestruturas subterrâneas junto a um muro existente. Enquanto um trabalhador se encontrava no interior da vala, parte do muro adjacente colapsou inesperadamente, provocando o soterramento parcial do trabalhador e originando lesões fatais. A investigação identificou diversos fatores contributivos, incluindo a inexistência de medidas adequadas de estabilização do muro, a ausência de avaliação prévia da sua estabilidade estrutural, o planeamento insuficiente da escavação e a inexistência de medidas eficazes para impedir a exposição dos trabalhadores ao risco de colapso.

A.4.2 - Análise causal através do método dos 5 Porquês

O método dos 5 Porquês foi aplicado ao acidente descrito no relatório FACE 23CA003, permitindo aprofundar progressivamente a investigação desde o evento acidental até à identificação das causas organizacionais subjacentes. A sequência de questões foi interrompida quando a análise conduziu a fatores sistémicos suficientemente suportados pelas evidências documentadas no relatório.

Etapa de análise	Resultado obtido
Evento	O trabalhador sofreu lesões fatais após o colapso de um muro adjacente durante trabalhos de escavação.
1º Porquê?	Porque parte do muro existente perdeu estabilidade e colapsou sobre a vala onde o trabalhador se encontrava.
2º Porquê?	Porque a escavação alterou as condições de suporte do muro, comprometendo a sua estabilidade estrutural.
3º Porquê?	Porque não foram implementadas medidas adequadas de estabilização ou escoramento do muro antes da realização da escavação.
4º Porquê?	Porque os riscos associados à proximidade da escavação relativamente ao muro existente não foram devidamente avaliados nem controlados durante o planeamento dos trabalhos.
5º Porquê?	Porque existiram deficiências no sistema de gestão da segurança, traduzidas pela insuficiente avaliação dos riscos, pelo planeamento inadequado da escavação e pela ausência de medidas eficazes para garantir a estabilidade das estruturas adjacentes e a proteção dos trabalhadores.
Causa organizacional identificada	Deficiências na gestão das operações de escavação, nomeadamente ao nível da avaliação da estabilidade das estruturas adjacentes, do planeamento das medidas de estabilização e da implementação de procedimentos de controlo destinados a eliminar o risco de colapso durante os trabalhos.

A aplicação do método dos 5 Porquês permitiu demonstrar que o acidente não resultou exclusivamente do colapso do muro, mas da acumulação de falhas relacionadas com a avaliação da estabilidade estrutural, o planeamento da escavação e a implementação de medidas preventivas adequadas para controlar os riscos associados às estruturas adjacentes.

A.4.3 - Análise causal através do *Root Cause Analysis* (RCA)

Após a aplicação do método dos 5 Porquês, procedeu-se à estruturação hierárquica das causas através do RCA. Esta etapa permitiu distinguir o acontecimento desencadeador do acidente das condições que favoreceram a sua ocorrência e das causas organizacionais subjacentes, estabelecendo uma relação lógica entre os diferentes níveis de causalidade. A classificação das causas em categorias técnicas, humanas e organizacionais seguiu os critérios de codificação definidos no ponto **3.7** da presente dissertação.

Nível de causalidade	**Descrição**	**Categoria**	**Fundamentação (evidência documental)**
Evento	Trabalhador mortalmente atingido pelo colapso de um muro adjacente durante trabalhos de escavação.	_____	O relatório descreve que parte do muro existente colapsou sobre a vala onde o trabalhador se encontrava, provocando lesões fatais.
Causa imediata	Colapso do muro adjacente sobre a vala durante a execução dos trabalhos de escavação.	Técnica	A perda de estabilidade do muro originou o seu colapso, atingindo diretamente o trabalhador que se encontrava no interior da escavação.
Causa contributiva	Ausência de medidas adequadas de estabilização ou escoramento do muro antes da escavação.	Técnica / Organizacional	O relatório evidencia que não foram implementadas medidas de estabilização capazes de garantir a integridade do muro durante os trabalhos.

Nível de causalidade	Descrição	Categoria	Fundamentação (evidência documental)
Causa contributiva	Avaliação insuficiente da estabilidade estrutural do muro e da influência da escavação na sua fundação.	Organizacional	A investigação identificou insuficiências na avaliação dos riscos associados às estruturas adjacentes antes do início da escavação.
Causa contributiva	Permanência de trabalhadores no interior da vala durante uma atividade com risco de instabilidade estrutural.	Humana / Organizacional	O trabalhador permaneceu exposto ao risco de colapso durante a execução da escavação, sem medidas eficazes de proteção coletiva que eliminassem essa exposição.
Causa-raiz	Deficiências no sistema de gestão da segurança relacionadas com o planeamento das escavações, a avaliação da estabilidade das estruturas adjacentes, a implementação de medidas de estabilização e o controlo da exposição dos trabalhadores aos riscos de colapso.	Organizacional	As recomendações do relatório enfatizam a necessidade de avaliar previamente a estabilidade das estruturas existentes, implementar medidas de estabilização adequadas e assegurar procedimentos seguros para trabalhos em escavações, evidenciando insuficiências ao nível da gestão da segurança.

A aplicação do RCA permitiu demonstrar que o acidente não resultou exclusivamente do colapso do muro, mas da interação entre falhas técnicas, humanas e organizacionais relacionadas com o planeamento da

escavação, a avaliação da estabilidade estrutural, a implementação de medidas de estabilização e o controlo da exposição dos trabalhadores ao risco. A estruturação das causas em diferentes níveis de causalidade permitiu estabelecer uma relação direta entre as evidências documentadas no relatório FACE e os fatores prioritários para a prevenção de acidentes semelhantes.

A.4.4 - Reconstrução da sequência causal através da Árvore de Causas

A Árvore de Causas foi utilizada como ferramenta complementar para reconstruir a sequência lógica dos acontecimentos que conduziram ao acidente, permitindo representar a interação entre as condições de trabalho, as características da escavação, a estabilidade da estrutura adjacente e os fatores organizacionais identificados durante a investigação. A Figura A.4 apresenta uma reconstrução simplificada da sequência causal elaborada com base nas evidências documentadas no relatório FACE 23CA003.

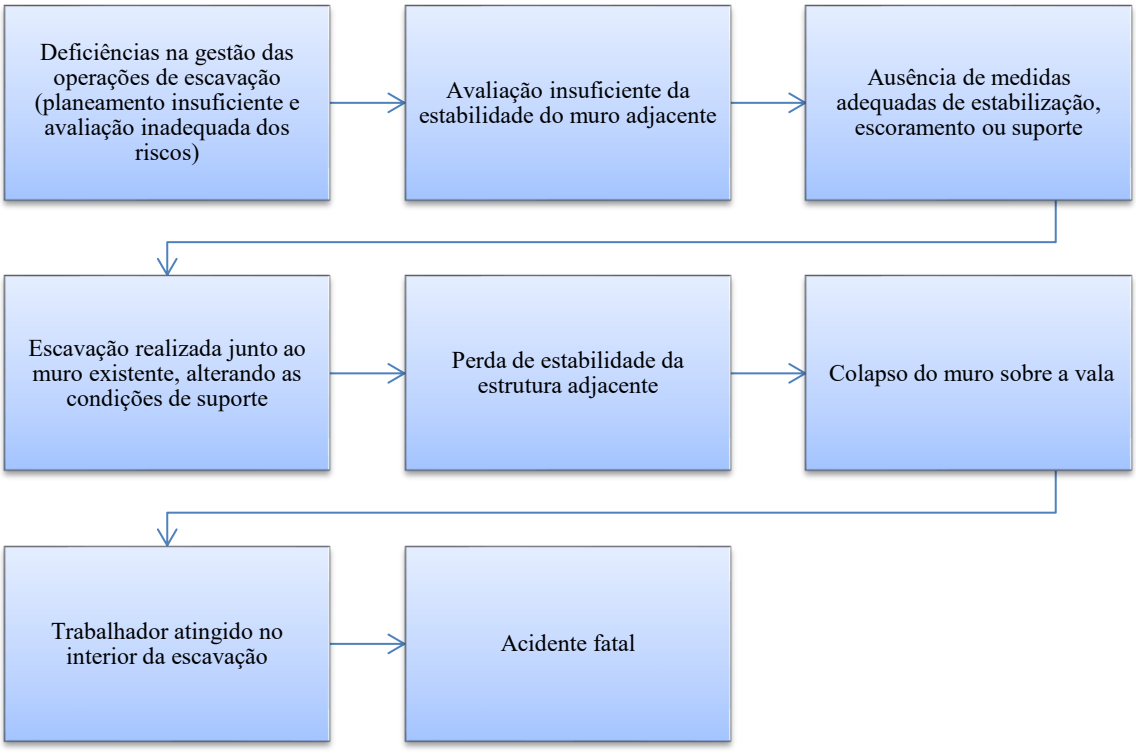


Figura A.4 - Reconstrução da sequência causal do acidente por colapso de muro adjacente durante trabalhos de escavação.

A reconstrução da sequência causal evidencia que o acidente resultou da interação entre falhas relacionadas com o planeamento da escavação, a avaliação da estabilidade da estrutura adjacente, a ausência de medidas de estabilização e o controlo insuficiente da exposição dos trabalhadores à zona de perigo. A sequência reconstruída confirma a coerência entre os resultados obtidos através do método dos 5 Porquês e do RCA, reforçando a consistência da análise causal desenvolvida na presente investigação.

A.4.5 - Síntese metodológica

A aplicação integrada dos 5 Porquês, do RCA e da Árvore de Causas permitiu identificar e estruturar a cadeia causal do acidente, desde o colapso da estrutura adjacente até às falhas organizacionais relacionadas

com o planeamento das escavações, a avaliação da estabilidade estrutural e a implementação de medidas de controlo. A utilização complementar destes métodos assegurou uma análise sistemática, coerente e rastreável, metodologia que foi igualmente aplicada aos restantes acidentes que constituem a amostra da presente investigação.

APÊNDICE B - SEGURANÇA E PREVENÇÃO DE ACIDENTES NA CONSTRUÇÃO: UMA ABORDAGEM SISTÉMICA BASEADA NA ANÁLISE CAUSAL

Este apêndice contém 24 tabelas desenvolvidas e utilizadas ao longo do trabalho.

- Tabela B.1 - Distribuição dos acidentes por categoria analítica;
- Tabela B.2 - Distribuição dos acidentes por fase da obra;
- Tabela B.3 - Distribuição dos fatores técnicos;
- Tabela B.4 - Distribuição dos fatores humanos;
- Tabela B.5 - Distribuição dos fatores organizacionais;
- Tabela B.6 - Categorias de fatores técnicos;
- Tabela B.7 - Categorias de fatores humanos
- Tabela B.8 - Categorias de fatores organizacionais
- Tabela B.9 - Categorias e definições operacionais das barreiras de segurança
- Tabela B.10 - Codificação Causas-raiz
- Tabela B.11- Distribuição das barreiras de segurança identificadas
- Tabela B.12 - Sistema de codificação das recomendações
- Tabela B.13 - Resultado da codificação das recomendações
- Tabela B.14 - Reagrupamento analítico recomendado
- Tabela B.15 - Causas-raiz predominantes
- Tabela B.16 - Recomendações predominantes
- Tabela B.17 - Caracterização dos acidentes segundo a atividade desenvolvida e o agente material
- Tabela B.18 - Síntese da codificação das barreiras de segurança por acidente
- Tabela B.19 - Distribuição das causas-raiz segundo o domínio causal
- Tabela B.20 - Combinação dos domínios das causas-raiz
- Tabela B.21 - Categoria do acidente × presença de causas-raiz organizacionais
- Tabela B.22 - Categoria do acidente × presença de causas-raiz técnicas ou sistémicas
- Tabela B.23 - Categoria do acidente × presença de causas-raiz regulatórias ou contratuais
- Tabela B.24 **-** Codebook da matriz de extração de dados
- Tabela B.25 - Rastreabilidade da análise causal e preventiva dos 103 acidentes
- Tabela B.26 - Análise e aplicação integrada dos 5 Porquês, RCA e Árvore de Causas nos 103 relatórios de acidentes analisados

Tabela B.1 - Distribuição dos acidentes por categoria analítica

Categoria analítica	**n**	**Percentagem (%)**
Quedas em altura	49	47.6 %
Colapsos estruturais	28	27.2 %
Objetos, cargas e materiais	11	10.7 %

Categoria analítica	n	Percentagem (%)
Equipamentos móveis e maquinaria	5	4.9 %
Interação veículo-trabalhador	3	2.9 %
Escavações e valas	3	2.9 %
Libertação de energia perigosa	2	1.9 %
Eletricidade	2	1.9 %
Total	103	100 %

Tabela B.2 - Distribuição dos acidentes por fase da obra

Fase da obra	n	%
Execução	92	89.3
Montagem	4	3.9
Demolição	3	2.9
Manutenção	2	1.9
Operação	1	1
Desmontagem	1	1
Total	103	100

Tabela B.3 - Distribuição dos fatores técnicos

Categoria técnica	Acidentes, n	%	Ocorrências codificadas
Proteção contra quedas e acessos	57	55,3	123
Estabilidade estrutural	47	45,6	96
Movimentação de cargas e materiais	30	29,1	45

Categoria técnica	Acidentes, n	%	Ocorrências codificadas
Energia perigosa	25	24,3	31
Equipamentos e maquinaria	18	17,5	30
Condições físicas do local	4	3,9	4
Total de ocorrências codificadas	—	—	**329**

Nota: Um mesmo acidente pode apresentar vários códigos e contribuir para mais do que uma categoria. Por esse motivo, as frequências e as percentagens das categorias não são aditivas. O total de ocorrências codificadas representa o conjunto dos códigos registados na respetiva dimensão.

Tabela B.4 - Distribuição dos fatores humanos

Categoria humana	Acidentes, n	%	Ocorrências codificadas
Prática operacional insegura documentada	103	100,0	103
Continuação perante condição perigosa	45	43,7	45
Posicionamento em zona de perigo	26	25,2	26
Falha de comunicação ou perceção operacional	14	13,6	14
Competência específica insuficiente	3	2,9	3
Total de ocorrências codificadas	—	—	191

Nota: Um mesmo acidente pode apresentar vários códigos e contribuir para mais do que uma categoria. Por esse motivo, as frequências e as percentagens das categorias não são aditivas. O total de ocorrências codificadas representa o conjunto dos códigos registados na respetiva dimensão.

Tabela B.5 - Distribuição dos fatores organizacionais

Categoria organizacional	Acidentes, n	%	Ocorrências codificadas
Sistema de gestão, liderança e recursos	72	69,9	125
Formação e competência	54	52,4	59

Categoria organizacional	Acidentes, n	%	Ocorrências codificadas
Planeamento e métodos de trabalho	39	37,9	45
Inspeção, monitorização e controlo	33	32,0	39
Coordenação e comunicação	25	24,3	27
Supervisão e pessoa competente	20	19,4	21
Gestão de alterações e controlo do projeto	16	15,5	22
Avaliação de riscos	10	9,7	11
Gestão de contratados e subcontratados	10	9,7	12
Total de ocorrências codificadas	—	—	361

Nota: Um mesmo acidente pode apresentar vários códigos e contribuir para mais do que uma categoria. Por esse motivo, as frequências e as percentagens das categorias não são aditivas. O total de ocorrências codificadas representa o conjunto dos códigos registados na respetiva dimensão.

Tabela B.6 - Categorias de fatores técnicos

Categoria técnica	Descrição
Proteção contra quedas	Falhas em guarda-corpos, linhas de vida, ancoragens, arneses, claraboias e outros sistemas de proteção coletiva ou individual contra quedas
Estabilidade estrutural	Falhas de estabilidade de estruturas permanentes ou temporárias, incluindo colapsos estruturais
Escoramentos e contraventamentos	Deficiências em escoramentos, reescoramentos, suportes temporários e sistemas de estabilização
Escadas e acessos	Problemas relacionados com escadas, acessos provisórios, plataformas e superfícies de circulação
Equipamentos e maquinaria	Falhas mecânicas, utilização inadequada ou modificações em equipamentos de trabalho
Movimentação de cargas e materiais	Falhas associadas a cargas suspensas, movimentação de materiais e esmagamentos

Categoria técnica	Descrição
Energia perigosa	Libertação não controlada de energia mecânica, hidráulica, pneumática, elétrica ou pressurizada

Tabela B.7 - Categorias de fatores humanos

Categoria humana	Descrição
Continuação da atividade perante risco documentado	Perceção inadequada do perigo ou avaliação incorreta da exposição ao risco
Práticas operacionais inseguras em tarefas familiares	Confiança excessiva na experiência, familiaridade com a tarefa ou sensação de controlo
Incumprimento de procedimentos	Não observância de regras, instruções ou procedimentos de trabalho
Utilização inadequada de equipamentos	Uso incorreto de ferramentas, equipamentos ou sistemas de proteção
Posicionamento em zona de perigo	Permanência ou deslocação para áreas com exposição direta ao risco
Falha de perceção situacional	Incapacidade de reconhecer alterações das condições de trabalho ou sinais de alerta
Falta de competência específica	Conhecimentos ou competências insuficientes para a tarefa executada

Tabela B.8 - Categorias de fatores organizacionais

Categoria organizacional	Descrição
Supervisão	Supervisão inadequada, insuficiente ou inexistente
Planeamento dos trabalhos	Planeamento inadequado das atividades, recursos ou condições de execução
Formação e competência	Formação insuficiente, inexistente ou inadequada
Avaliação de riscos	Identificação, análise ou controlo inadequado dos riscos

Categoria organizacional	Descrição
Inspeção e controlo	Falhas de inspeção, monitorização ou verificação das condições de segurança
Sistema de gestão da segurança	Deficiências nos programas, procedimentos e processos formais de gestão
Coordenação e comunicação	Falhas de comunicação, coordenação ou gestão de interfaces entre intervenientes
Gestão de alterações	Alterações de projeto, método ou condições de trabalho não adequadamente controladas

Tabela B.9 - Categorias e definições operacionais das barreiras de segurança

Código	Nível funcional	Barreira	Definição operacional
P1	Preventiva	Eliminação ou substituição do perigo	Remoção do perigo ou substituição da condição perigosa antes do início da tarefa.
P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Projeto, dimensionamento, revisão, aprovação ou verificação técnica destinados a impedir condições inseguras.
P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Identificação de perigos, avaliação de riscos, JSA/JHA, planeamento, sequência e método de trabalho.
P4	Preventiva	Formação e competência	Formação, treino, qualificação, experiência e verificação da competência necessária à execução segura.
P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Articulação e transmissão de informação entre equipas, empregadores, supervisores e trabalhadores.
C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Guarda-corpos, proteção de aberturas, redes, plataformas, escadas, andaimes e acessos seguros.
C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Arnês, linhas de vida, ancoragens, talabartes e outros componentes do sistema individual contra quedas.

Código	Nível funcional	Barreira	Definição operacional
C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Escoramentos, reescoramentos, travamentos, contraventamentos e suportes temporários.
C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Barreiras físicas, zonas de exclusão, controlo de acessos e segregação entre trabalhadores, veículos e cargas.
C5	Controlo	Controlo de energias perigosas	Isolamento, desenergização, bloqueio e controlo de fontes elétricas, hidráulicas, mecânicas ou pressurizadas.
C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Seleção adequada, verificação, inspeção, teste e manutenção dos equipamentos utilizados.
C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Supervisão, pessoa competente, fiscalização, monitorização e autoridade para interromper o trabalho.
C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Procedimentos, instruções, permissões e regras formais aplicáveis à execução da tarefa.
M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Medidas destinadas a reduzir a distância de queda, a energia do impacto ou a gravidade do contacto.
M2	Mitigação	Resposta de emergência, resgate e primeiros socorros	Preparação e resposta destinadas a reduzir as consequências após o início do evento.
M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Equipamentos de proteção destinados a reduzir a gravidade das lesões.

Tabela B.10 - Sistema expandido de codificação das causas-raiz

Código	Domínio	Categoria de causa-raiz	Definição operacional
CR1	Organizacional	Sistema de gestão, políticas e procedimentos	Deficiências relacionadas com a inexistência, insuficiência ou aplicação inadequada de políticas, programas, procedimentos e mecanismos formais de gestão da segurança.
CR2	Organizacional	Planeamento e gestão operacional	Falhas no planeamento das atividades, na definição dos métodos de trabalho, na

Código	Domínio	Categoria de causa-raiz	Definição operacional
			organização dos recursos, na logística ou na sequência de execução.
CR3	Organizacional	Formação e competência	Ausência ou insuficiência de formação, treino, qualificação, experiência ou verificação da competência necessária à execução segura da tarefa.
CR4	Organizacional	Supervisão e controlo operacional	Ausência, insuficiência ou inadequação da supervisão, do acompanhamento das atividades, da atuação da pessoa competente ou do controlo operacional.
CR5	Organizacional	Avaliação de riscos, inspeção e controlo	Deficiências na identificação dos perigos, avaliação dos riscos, inspeção, verificação, monitorização, manutenção ou controlo das condições de segurança.
CR6	Organizacional	Coordenação, comunicação e gestão de contratados	Falhas na transmissão de informação, coordenação entre equipas, articulação entre empregadores, integração de contratados ou definição das interfaces operacionais.
CR7	Organizacional	Gestão de alterações, liderança, recursos e aprendizagem	Deficiências na gestão das alterações, liderança, disponibilização de recursos, resposta a sinais anteriores, aprendizagem com falhas e interrupção de práticas inseguras.
CR8	Técnica/sistémica	Projeto, engenharia e estabilidade do sistema	Deficiências de projeto, dimensionamento, verificação de engenharia, estabilidade estrutural, escoramento, contraventamento ou validação de sistemas permanentes e temporários.
CR9	Técnica/sistémica	Conceção, fiabilidade e manutenção de equipamentos	Falhas relacionadas com a conceção, seleção, fiabilidade, manutenção, funcionamento ou limitações técnicas dos equipamentos e respetivos componentes.

Código	Domínio	Categoria de causa-raiz	Definição operacional
CR10	Técnica/sistémica	Arquitetura de proteção e condições físicas do sistema	Deficiências na conceção ou disponibilização de proteções coletivas, acessos, barreiras físicas, zonas de exclusão, sistemas de aviso e outras condições materiais de segurança.
CR11	Regulatória/contratual	Conformidade legal e fiscalização externa	Incumprimento de requisitos legais, regulamentares ou normativos, insuficiência da fiscalização externa ou realização de trabalhos não autorizados.
CR12	Regulatória/contratual	Governança contratual e definição de responsabilidades	Falhas na atribuição de responsabilidades, governação contratual, articulação entre entidades, cadeia de decisão ou controlo das obrigações dos diferentes intervenientes.

Tabela B.11 - Distribuição das barreiras de segurança identificadas

Código	Nível funcional	Barreira	Acidentes, n	%	Evidência direta, n	Evidência indireta, n
P1	**Preventiva**	Eliminação/substituição do perigo	15	14,6	2	13
P2	**Preventiva**	Projeto seguro e verificação de engenharia	50	48,5	49	1
P3	**Preventiva**	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	70	68,0	69	1
P4	**Preventiva**	Formação e competência	65	63,1	59	6
P5	**Preventiva**	Coordenação e comunicação	30	29,1	30	0
C1	**Controlo**	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	46	44,7	45	1
C2	**Controlo**	Proteção individual contra quedas	32	31,1	30	2
C3	**Controlo**	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	26	25,2	25	1
C4	**Controlo**	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	14	13,6	14	0

Código	Nível funcional	Barreira	Acidentes, n	%	Evidência direta, n	Evidência indireta, n
C5	**Controlo**	Controlo de energias perigosas	8	7,8	8	0
C6	**Controlo**	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	40	38,8	36	4
C7	**Controlo**	Supervisão e controlo operacional	54	52,4	49	5
C8	**Controlo**	Procedimentos e autorização de trabalho	49	47,6	48	1
M1	**Mitigação**	Limitação da queda ou do impacto	11	10,7	11	0
M2	**Mitigação**	Resposta de emergência, resgate e primeiros socorros	4	3,9	4	0
M3	**Mitigação**	Proteção individual contra consequências	11	10,7	10	1

Nota: As frequências correspondem ao número de acidentes em que foi identificada pelo menos uma evidência relativa à respetiva barreira. Um mesmo acidente pode contribuir para várias barreiras e níveis funcionais, pelo que as frequências e percentagens não são aditivas. A evidência foi classificada como direta quando sustentada por condições inseguras, desvios de procedimento, fatores contributivos, causas ou observações; foi classificada como indireta quando resultou exclusivamente das recomendações do relatório.

Tabela B.12. Sistema de codificação das recomendações

Código	Categoria
R1	Formação / Engenharia
R2	Supervisão / Procedimentos
R3	Planeamento / Formação
R4	Revisão de procedimentos / Supervisão
R5	Melhorias técnicas / Inspeção e controlo
R6	Inspeção e manutenção / Equipamentos
R7	Gestão da segurança / Gestão da segurança
R8	Outros / Manutenção

Tabela B.13 - Resultado da codificação das recomendações

Categoria de recomendação	Ocorrências
Engenharia	88
Formação	77
Procedimentos	71
Gestão	48
Planeamento	40
Supervisão	15
Inspeção	8
Fiscalização	6
Coordenação	5
Proteção coletiva	5
Proteção individual	5
Manutenção	2
Equipamento	2
Legal	2
Organização do trabalho	≤ 1

Tabela B.14 - Reagrupamento analítico recomendado

Código	Categoria analítica
R1	Engenharia e medidas técnicas
R2	Formação e competência

Código	Categoria analítica
R3	Procedimentos e instruções
R4	Gestão da segurança
R5	Planeamento e coordenação
R6	Supervisão, inspeção e fiscalização
R7	Equipamentos e manutenção

Tabela B.15 - Distribuição das categorias de causas-raiz identificadas

Código	Domínio	Categoria de causa-raiz	Acidentes, n	Ocorrências codificadas, n	% dos 103 acidentes	Exemplo documental
CR1	**Organizacional**	Sistema de gestão, políticas e procedimentos	73	73	70,9	Ausência de programas, procedimentos ou mecanismos formais de gestão e controlo da segurança.
CR8	**Técnica/sistémica**	Projeto, engenharia e estabilidade do sistema	45	45	43,7	Ausência ou inadequação de projeto, dimensionamento ou verificação de engenharia.
CR2	**Organizacional**	Planeamento e gestão operacional	42	42	40,8	Falta de planeamento técnico, método de trabalho ou definição da sequência de execução.

Código	Domínio	Categoria de causa-raiz	Acidentes, n	Ocorrências codificadas, n	% dos 103 acidentes	Exemplo documental
CR3	**Organizacional**	Formação e competência	30	30	29,1	Ausência de formação específica ou de verificação prévia da competência do trabalhador.
CR10	**Técnica/sistémica**	Arquitetura de proteção e condições físicas do sistema	26	26	25,2	Ausência de barreiras físicas, proteções coletivas, acessos seguros ou sistemas de aviso.
CR4	**Organizacional**	Supervisão e controlo operacional	25	25	24,3	Ausência ou insuficiência de supervisão competente durante uma atividade crítica.
CR9	**Técnica/sistémica**	Conceção, fiabilidade e manutenção de equipamentos	24	24	23,3	Deficiências de conceção, manutenção, fiabilidade ou funcionamento de equipamentos e componentes.
CR5	**Organizacional**	Avaliação de riscos, inspeção e controlo	21	21	20,4	Ausência de avaliação, inspeção ou verificação de condições críticas antes da execução.

Código	Domínio	Categoria de causa-raiz	Acidentes, n	Ocorrências codificadas, n	% dos 103 acidentes	Exemplo documental
CR7	**Organizacional**	Gestão de alterações, liderança, recursos e aprendizagem	7	7	6,8	Gestão inadequada de alterações ou ausência de resposta organizacional a falhas previamente identificadas.
CR6	**Organizacional**	Coordenação, comunicação e gestão de contratados	6	6	5,8	Falhas de coordenação, comunicação ou articulação entre empregadores, equipas ou contratados.
CR11	**Regulatória/contratual**	Conformidade legal e fiscalização externa	6	6	5,8	Incumprimento de requisitos legais ou regulamentares aplicáveis à atividade.
CR12	**Regulatória/contratual**	Governança contratual e definição de responsabilidades	1	1	1,0	Responsabilidades de segurança insuficientemente definidas entre os diferentes intervenientes.
Total de ocorrências codificadas				306		
Acidentes com informação válida			103		100,0	

Código	Domínio	Categoria de causa-raiz	Acidentes, n	Ocorrências codificadas, n	% dos 103 acidentes	Exemplo documental
Valores omissos			0		0,0	

Nota: Um mesmo acidente podia apresentar várias categorias de causa-raiz, pelo que as frequências e percentagens não são aditivas. Foram registadas 306 ocorrências de causas-raiz nos 103 acidentes, correspondendo a uma média de 2,97 códigos por acidente. Não foram identificados valores omissos.

Tabela B.16 - Recomendações predominantes

Categoria	Ocorrências
Engenharia	88
Formação	77
Procedimentos	71
Gestão	48
Planeamento	40

Tabela B.17 - Caracterização dos acidentes segundo a atividade desenvolvida e o agente material

A. Completude e diversidade das variáveis

Variável	Casos válidos, n (%)	Valores omissos, n (%)	Designações distintas, n
Atividade desenvolvida	103 (100,0)	0 (0,0)	103
Agente material	103 (100,0)	0 (0,0)	99

B. Distribuição das designações do agente material

Agente material	n	%
Balde de escavadora desacoplado de *quick coupler*	3	2,9

Borda desprotegida da cobertura	2	1,9
Claraboia em fibra de vidro não protegida	2	1,9
Agentes materiais registados uma única vez	96	93,2
Total	103	100,0

Nota: Foram identificadas 99 designações distintas de agente material. Três designações apresentaram mais de uma ocorrência, enquanto as restantes 96 foram registadas uma única vez. Entre estas últimas encontram-se, por exemplo, a linha elétrica aérea de alta tensão, o muro de contenção adjacente existente, o *pallet* de madeira elevado por empilhador, o andaime *pump-jack* configurado de forma incompleta e a escada extensível de alumínio subdimensionada. A agregação na linha "Agentes materiais registados uma única vez" foi efetuada exclusivamente para simplificar a apresentação dos resultados, não constituindo uma nova categoria analítica. As designações originais permanecem individualizadas na matriz de extração.

Tabela B.18 - Síntese da codificação das barreiras de segurança por acidente

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
1	13NY080	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Inadequada	Desvios de procedimento; Causa contributiva	Direta
1	13NY080	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos	Direta
1	13NY080	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
1	13NY080	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais	Direta
1	13NY080	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Inadequada	Condições inseguras; Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
2	10CA008	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
2	10CA008	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
2	10CA008	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
3	20CA001	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Não especificado	Ações inseguras	Direta
3	20CA001	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Degradada/ineficaz	Condições inseguras; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
3	20CA001	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
3	20CA001	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
4	20CA002	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Não especificado	Condições inseguras	Direta
4	20CA002	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
4	20CA002	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
4	20CA002	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Causa-raiz	Direta
4	20CA002	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
4	20CA002	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
5	22KY046	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Fatores técnicos; Causa contributiva; Ações inseguras; Recomendações	Direta
5	22KY046	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
5	22KY046	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Causa-raiz	Direta
5	22KY046	M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Ausente	Condições inseguras	Direta
5	22KY046	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
5	22KY046	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
5	22KY046	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais	Direta
6	2006_R_02	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Inadequada	Condições inseguras; Fatores técnicos; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
6	2006_R_02	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Degradada/ineficaz	Desvios de procedimento	Direta
6	2006_R_02	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
6	2006_R_02	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Observações	Direta
6	2006_R_02	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
7	2006_R_08	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
7	2006_R_08	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Fatores organizacionais	Direta
7	2006_R_08	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz	Direta
8	2009_R_02	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Causa-raiz	Direta
8	2009_R_02	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
8	2009_R_02	M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Ausente	Condições inseguras	Direta
8	2009_R_02	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Inadequada	Condições inseguras; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
8	2009_R_02	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento	Direta
8	2009_R_02	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
9	2009_R_05	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
9	2009_R_05	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
9	2009_R_05	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
10	18MA050	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Causa contributiva	Direta
10	18MA050	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
10	18MA050	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
11	15NY032	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Causa-raiz	Direta
11	15NY032	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Não especificado	Desvios de procedimento	Direta
11	15NY032	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
11	15NY032	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
12	91-05_MA	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Ações inseguras; Recomendações	Direta
12	91-05_MA	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Causa-raiz	Direta
12	91-05_MA	M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Ausente	Fatores técnicos	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
12	91-05_MA	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
12	91-05_MA	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
13	90NJ017	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Recomendações	Direta
13	90NJ017	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Fatores técnicos; Recomendações	Direta
13	90NJ017	M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Ausente	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
13	90NJ017	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
13	90NJ017	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
14	AK-91-53	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras	Direta
14	AK-91-53	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Fatores técnicos	Direta
14	AK-91-53	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Causa imediata	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
14	AK-91-53	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Fatores organizacionais	Direta
14	AK-91-53	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Inadequada	Fatores organizacionais; Observações	Direta
14	AK-91-53	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
15	13MI020	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Ações inseguras; Recomendações	Direta
15	13MI020	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
15	13MI020	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Degradada/ineficaz	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais	Direta
15	13MI020	M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Ausente	Causa contributiva; Ações inseguras	Direta
15	13MI020	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
16	08KY007	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Não especificado	Condições inseguras	Direta
16	08KY007	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Condições inseguras; Recomendações	Direta
16	08KY007	C5	Controlo	Controlo de energias perigosas	Ausente	Observações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
16	08KY007	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
16	08KY007	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
16	08KY007	M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Não especificado	Fatores técnicos	Direta
16	08KY007	M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
16	08KY007	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
16	08KY007	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
17	2000-23_PA	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
17	2000-23_PA	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Ausente	Fatores técnicos	Direta
17	2000-23_PA	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
17	2000-23_PA	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Fatores técnicos	Direta
17	2000-23_PA	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
17	2000-23_PA	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
18	2000-16_AL	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
18	2000-16_AL	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Fatores técnicos	Direta
18	2000-16_AL	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
18	2000-16_AL	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
18	2000-16_AL	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
18	2000-16_AL	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
19	71-158-2017_WA	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Não aplicada	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
19	71-158-2017_WA	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
19	71-158-2017_WA	M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Recomendações	Direta
19	71-158-2017_WA	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz; Recomendações	Direta
19	71-158-2017_WA	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
20	2021-r-02_FL	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
20	2021-r-02_FL	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
20	2021-r-02_FL	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
21	08MI015	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
21	08MI015	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Não especificado	Observações	Direta
21	08MI015	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Degradada/ineficaz	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
22	cdc_166938_WI	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Inadequada	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
22	cdc_166938_WI	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
22	cdc 166938 WI	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
22	cdc_166938_WI	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
22	cdc_166938_WI	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
23	cdc_166821_IA	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Ações inseguras; Recomendações	Direta
23	cdc_166821_IA	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Ausente	Desvios de procedimento	Direta
23	cdc_166821_IA	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Desvios de procedimento	Direta
23	cdc_166821_IA	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
23	cdc_166821_IA	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Fatores técnicos; Causa-raiz	Direta
23	cdc_166821_IA	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
23	cdc_166821_IA	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
23	cdc_166821_IA	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
24	22KY046	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
24	22KY046	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
24	22KY046	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais	Direta
24	22KY046	M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Ausente	Condições inseguras	Direta
24	22KY046	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz	Direta
24	22KY046	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
24	22KY046	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
25	95-MA-041-01	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Inadequada	Causa imediata; Condições inseguras; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
25	95-MA-041-01	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Não especificado	Observações	Direta
25	95-MA-041-01	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
25	95-MA-041-01	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Condições inseguras; Causa-raiz	Direta
25	95-MA-041-01	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não especificado	Observações	Direta
25	95-MA-041-01	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Não especificado	Observações	Direta
26	95-MA-043	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Não especificado	Condições inseguras	Direta
26	95-MA-043	C5	Controlo	Controlo de energias perigosas	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
26	95-MA-043	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
26	95-MA-043	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz	Direta
26	95-MA-043	M2	Mitigação	Resposta de emergência, resgate e primeiros socorros	Ausente	Condições inseguras; Recomendações	Direta
26	95-MA-043	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
26	95-MA-043	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Fatores técnicos; Causa-raiz	Direta
26	95-MA-043	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
27	cdc_166888_WI	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
27	cdc_166888_WI	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
27	cdc_166888_WI	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
27	cdc_166888_WI	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
27	cdc_166888_WI	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Causa-raiz	Direta
28	71-231-2022_WA	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Ausente	Condições inseguras; Fatores organizacionais; Observações; Recomendações	Direta
28	71-231-2022_WA	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Ações inseguras	Direta
28	71-231-2022_WA	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
28	71-231-2022_WA	M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Ausente	Condições inseguras; Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
28	71-231-2022_WA	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz	Direta
28	71-231-2022_WA	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais	Direta
29	92WY010	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
29	92WY010	C5	Controlo	Controlo de energias perigosas	Ausente	Fatores técnicos	Direta
29	92WY010	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
29	92WY010	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento	Direta
29	92WY010	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
30	15NY032	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
30	15NY032	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz	Direta
30	15NY032	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
31	13NY080	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Inadequada	Condições inseguras; Fatores técnicos	Direta
31	13NY080	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
31	13NY080	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
31	13NY080	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
31	13NY080	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais	Direta
31	13NY080	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Condições inseguras; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Recomendações	Direta
32	92WY011	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Ausente	Condições inseguras; Recomendações	Direta
32	92WY011	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Causa-raiz	Direta
32	92WY011	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Não especificado	Desvios de procedimento	Direta
32	92WY011	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
33	93WY010	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Ausente	Desvios de procedimento; Ações inseguras	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
33	93WY010	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Causa-raiz	Direta
33	93WY010	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Causa-raiz; Recomendações	Direta
33	93WY010	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
34	2012_r_04	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
34	2012_r_04	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Desvios de procedimento	Direta
34	2012_r_04	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
34	2012_r_04	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Causa-raiz; Observações; Recomendações	Direta
34	2012_r_04	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
34	2012_r_04	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Fatores organizacionais	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
34	2012_r_04	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais	Direta
35	2012_R_05	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Condições inseguras; Causa contributiva	Direta
35	2012_R_05	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
35	2012_R_05	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
35	2012_R_05	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
36	2012_r_03	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Condições inseguras; Recomendações	Direta
36	2012_r_03	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
36	2012_r_03	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
36	2012_r_03	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Degradada/ineficaz	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
36	2012_r_03	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
37	2012_R_09	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Condições inseguras; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Recomendações	Direta
37	2012_R_09	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
37	2012_R_09	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Não aplicada	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
37	2012_R_09	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
37	2012_R_09	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
38	2013_r_01	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
38	2013_r_01	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
38	2013_r_01	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Ausente	Causa-raiz; Ações inseguras	Direta
38	2013_r_01	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
38	2013_r_01	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
38	2013_r_01	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais	Direta
39	2013_r_02	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Degradada/ineficaz	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
39	2013_r_02	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Causa-raiz	Direta
39	2013_r_02	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz	Direta
39	2013_r_02	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
40	2014_r_01	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Inadequada	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
40	2014_r_01	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Desvios de procedimento	Direta
40	2014_r_01	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
40	2014_r_01	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Inadequada	Fatores técnicos; Causa-raiz; Recomendações	Direta
40	2014_r_01	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
41	2014_r_02	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
41	2014_r_02	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
41	2014_r_02	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
41	2014_r_02	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz	Direta
41	2014_r_02	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
42	2014_r_03	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
43	2015_r_04	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
43	2015_r_04	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
43	2015_r_04	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz	Direta
43	2015_r_04	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
43	2015_r_04	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
44	2013_r_06	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Inadequada	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Causa-raiz; Observações; Recomendações	Direta
44	2013_r_06	C5	Controlo	Controlo de energias perigosas	Não especificado	Desvios de procedimento	Direta
44	2013_r_06	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
44	2013_r_06	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
44	2013_r_06	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz	Direta
44	2013_r_06	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
44	2013_r_06	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Observações	Direta
45	2013_r_03	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Não especificado	Condições inseguras; Recomendações	Direta
45	2013_r_03	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
45	2013_r_03	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
45	2013_r_03	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Causa-raiz; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
45	2013_r_03	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz	Direta
45	2013_r_03	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
46	2009_R_05	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
46	2009_R_05	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
46	2009_R_05	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
46	2009_R_05	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Inadequada	Fatores técnicos; Causa-raiz	Direta
46	2009_R_05	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Fatores organizacionais	Direta
47	2009_R_04	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Fatores técnicos; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
47	2009_R_04	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
47	2009_R_04	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
47	2009_R_04	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Inadequada	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras	Direta
47	2009_R_04	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
48	2009_R_02	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Inadequada	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais	Direta
48	2009_R_02	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Inadequada	Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
48	2009_R_02	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
49	2000_05_16	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
49	2000_05_16	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
49	2000_05_16	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
49	2000_05_16	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Condições inseguras; Causa-raiz	Direta
49	2000_05_16	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Fatores organizacionais	Direta
50	2004_r_03	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Inadequada	Condições inseguras	Direta
50	2004_r_03	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Inadequada	Desvios de procedimento; Causa contributiva; Ações inseguras; Recomendações	Direta
50	2004_r_03	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
50	2004_r_03	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
50	2004_r_03	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Inadequada	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
50	2004_r_03	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais	Direta
51	2008_r_02	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
51	2008_r_02	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
51	2008_r_02	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Não aplicada	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
51	2008_r_02	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz	Direta
51	2008_r_02	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
51	2008_r_02	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
52	2003_02_01	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
52	2003_02_01	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Condições inseguras; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
52	2003_02_01	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
53	2006_r_02	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Recomendações	Direta
53	2006_r_02	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Fatores organizacionais	Direta
53	2006_r_02	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Desvios de procedimento	Direta
53	2006_r_02	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
53	2006_r_02	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
53	2006_r_02	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Ações inseguras; Observações	Direta
53	2006_r_02	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
54	2006_r_06	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
54	2006_r_06	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
55	2006_r_08	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais	Direta
55	2006_r_08	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
55	2006_r_08	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
56	93WY005	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
56	93WY005	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Condições inseguras; Recomendações	Direta
56	93WY005	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
56	93WY005	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
56	93WY005	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
57	11CA002	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Ações inseguras; Recomendações	Direta
57	11CA002	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Condições inseguras; Recomendações	Direta
57	11CA002	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
58	2012-02	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Inadequada	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
58	2012-02	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
58	2012-02	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Causa-raiz; Recomendações	Direta
58	2012-02	M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Inadequada	Fatores técnicos	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
58	2012-02	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Observações; Recomendações	Direta
59	22KY00601	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Inadequada	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
59	22KY00601	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
59	22KY00601	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Causa-raiz; Recomendações	Direta
59	22KY00601	M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Inadequada	Fatores técnicos	Direta
59	22KY00601	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Observações; Recomendações	Direta
60	2021OR01	C5	Controlo	Controlo de energias perigosas	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Causa contributiva; Recomendações	Direta
60	2021OR01	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
60	2021OR01	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Causa-raiz; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
60	2021OR01	M2	Mitigação	Resposta de emergência, resgate e primeiros socorros	Ausente	Desvios de procedimento; Ações inseguras; Recomendações	Direta
60	2021OR01	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
60	2021OR01	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Não especificado	Observações	Direta
60	2021OR01	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento	Direta
60	2021OR01	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
61	16OR016	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Ações inseguras	Direta
61	16OR016	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Inadequada	Condições inseguras; Fatores técnicos; Ações inseguras; Observações	Direta
61	16OR016	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Desvios de procedimento	Direta
61	16OR016	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Degradada/ineficaz	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
61	16OR016	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
62	17MI127	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Ações inseguras; Recomendações	Direta
62	17MI127	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Condições inseguras; Recomendações	Direta
62	17MI127	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Desvios de procedimento; Ações inseguras	Direta
62	17MI127	M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Ausente	Fatores técnicos	Direta
62	17MI127	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
62	17MI127	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
63	17MI045	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
63	17MI045	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
63	17MI045	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
63	17MI045	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Ausente	Condições inseguras; Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
64	18KY054	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Não especificado	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Ações inseguras; Recomendações	Direta
64	18KY054	C5	Controlo	Controlo de energias perigosas	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Causa contributiva; Ações inseguras	Direta
64	18KY054	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Causa-raiz	Direta
64	18KY054	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
64	18KY054	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
65	2018OR008	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Não especificado	Desvios de procedimento	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
65	2018OR008	C5	Controlo	Controlo de energias perigosas	Ausente	Ações inseguras; Recomendações	Direta
65	2018OR008	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
65	2018OR008	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
65	2018OR008	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
66	20CA001	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Ausente	Condições inseguras; Causa contributiva; Ações inseguras	Direta
66	20CA001	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Inadequada	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Observações; Recomendações	Direta
66	20CA001	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
66	20CA001	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
66	20CA001	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
67	2018OR030	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
67	2018OR030	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Observações; Recomendações	Direta
67	2018OR030	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
67	2018OR030	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
67	2018OR030	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
68	19KY034	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Fatores técnicos	Direta
68	19KY034	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Fatores técnicos	Direta
68	19KY034	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
68	19KY034	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
68	19KY034	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
69	20CA002	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Causa-raiz	Direta
69	20CA002	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Inadequada	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Observações; Recomendações	Direta
69	20CA002	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais	Direta
69	20CA002	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
69	20CA002	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
69	20CA002	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
69	20CA002	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Não especificado	Condições inseguras	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
70	21CA004	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
70	21CA004	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
70	21CA004	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Observações	Direta
70	21CA004	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
70	21CA004	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento; Observações	Direta
70	21CA004	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
70	21CA004	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Inadequada	Condições inseguras	Direta
71	22KY083	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Degradada/ineficaz	Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Recomendações	Direta
71	22KY083	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
71	22KY083	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz	Direta
71	22KY083	M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Não especificado	Ações inseguras; Recomendações	Direta
71	22KY083	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
72	23CA003	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
72	23CA003	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
72	23CA003	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz; Ações inseguras	Direta
72	23CA003	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Observações	Direta
72	23CA003	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
73	15KY078	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
73	15KY078	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
73	15KY078	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
73	15KY078	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
73	15KY078	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
73	15KY078	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Observações	Direta
74	22KY097	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Ausente	Causa-raiz	Direta
74	22KY097	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
74	22KY097	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
75	OR2015-12-1	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Inadequada	Condições inseguras; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Ações inseguras; Recomendações	Direta
75	OR2015-12-1	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Causa-raiz	Direta
75	OR2015-12-1	M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Ausente	Condições inseguras	Direta
75	OR2015-12-1	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Degradada/ineficaz	Condições inseguras; Causa-raiz	Direta
75	OR2015-12-1	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
76	17KY007	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Ações inseguras; Recomendações	Direta
76	17KY007	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
76	17KY007	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Causa-raiz	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
76	17KY007	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
76	17KY007	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Observações	Direta
77	17MI075	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Ações inseguras	Direta
77	17MI075	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
77	17MI075	M2	Mitigação	Resposta de emergência, resgate e primeiros socorros	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
77	17MI075	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
77	17MI075	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
78	07NJ077	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Degradada/ineficaz	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Causa contributiva; Observações; Recomendações	Direta
78	07NJ077	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
78	07NJ077	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Causa-raiz	Direta
78	07NJ077	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
78	07NJ077	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
78	07NJ077	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
79	09WA05101	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Fatores técnicos	Direta
79	09WA05101	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Desvios de procedimento; Ações inseguras; Recomendações	Direta
79	09WA05101	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
79	09WA05101	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz	Direta
79	09WA05101	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
79	09WA05101	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
80	10CA008	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Ações inseguras	Direta
80	10CA008	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Inadequada	Condições inseguras	Direta
80	10CA008	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
80	10CA008	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
80	10CA008	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
81	11CA001	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras	Direta
81	11CA001	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
81	11CA001	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Ausente	Fatores organizacionais	Direta
81	11CA001	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
81	11CA001	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
81	11CA001	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
82	10MI137	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Inadequada	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
82	10MI137	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
82	10MI137	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Inadequada	Condições inseguras	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
82	10MI137	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta
82	10MI137	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
83	07NY107	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Não especificado	Ações inseguras	Direta
83	07NY107	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Fatores técnicos	Direta
83	07NY107	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
83	07NY107	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
83	07NY107	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
84	09-NJ-099	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
84	09-NJ-099	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Inadequada	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
84	09-NJ-099	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
84	09-NJ-099	M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Inadequada	Observações	Direta
84	09-NJ-099	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
84	09-NJ-099	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
85	10MI144	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Inadequada	Desvios de procedimento; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
85	10MI144	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz	Direta
85	10MI144	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
85	10MI144	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
86	2010IA054	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Inadequada	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais;	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
						Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	
86	2010IA054	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz	Direta
86	2010IA054	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais	Direta
86	2010IA054	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
86	2010IA054	P4	Preventiva	Formação e competência	Inadequada	Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
87	13MI091	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Não especificado	Ações inseguras	Direta
87	13MI091	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Inadequada	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
87	13MI091	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
87	13MI091	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Não especificado	Desvios de procedimento	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
87	13MI091	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não aplicada	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
87	13MI091	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
88	09KY034	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Causa-raiz; Recomendações	Direta
88	09KY034	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
88	09KY034	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
89	13KY059	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras	Direta
89	13KY059	M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Ausente	Fatores técnicos	Direta
89	13KY059	M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Não especificado	Observações	Direta
89	13KY059	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Desvios de procedimento; Causa-raiz	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
89	13KY059	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
90	14KY030	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Degradada/ineficaz	Causa imediata; Condições inseguras; Recomendações	Direta
90	14KY030	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Ações inseguras	Direta
90	14KY030	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
90	14KY030	M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
90	14KY030	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
90	14KY030	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
91	13MA02601	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
91	13MA02601	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
91	13MA02601	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz	Direta
92	15MA03701	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
92	15MA03701	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Causa-raiz	Direta
92	15MA03701	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
93	07KY071	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
93	07KY071	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Condições inseguras; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
93	07KY071	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Desvios de procedimento; Causa-raiz; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
93	07KY071	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Inadequada	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais	Direta
93	07KY071	P4	Preventiva	Formação e competência	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais	Direta
93	07KY071	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Inadequada	Fatores organizacionais	Direta
94	22CA003	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Não especificado	Condições inseguras	Direta
94	22CA003	C3	Controlo	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento	Ausente	Fatores técnicos; Ações inseguras	Direta
94	22CA003	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
94	22CA003	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
94	22CA003	M2	Mitigação	Resposta de emergência, resgate e primeiros socorros	Inadequada	Ações inseguras; Observações	Direta
94	22CA003	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
94	22CA003	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais	Direta
95	22KY011	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Ações inseguras; Recomendações	Direta
95	22KY011	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Não aplicada	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
95	22KY011	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Não especificado	Desvios de procedimento	Direta
95	22KY011	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Não aplicada	Desvios de procedimento	Direta
95	22KY011	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
95	22KY011	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
96	23KY005	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Ausente	Ações inseguras	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
96	23KY005	C5	Controlo	Controlo de energias perigosas	Não especificado	Fatores técnicos; Recomendações	Direta
96	23KY005	M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Ausente	Ações inseguras; Recomendações	Direta
96	23KY005	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
96	23KY005	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta
96	23KY005	P5	Preventiva	Coordenação e comunicação	Não especificado	Desvios de procedimento	Direta
97	23KY00901	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
97	23KY00901	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Não especificado	Desvios de procedimento; Ações inseguras; Recomendações	Direta
97	23KY00901	C6	Controlo	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Não especificado	Desvios de procedimento	Direta
97	23KY00901	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Inadequada	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
97	23KY00901	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Inadequada	Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
97	23KY00901	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
97	23KY00901	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Fatores técnicos; Causa-raiz	Direta
97	23KY00901	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
98	23KY096	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Inadequada	Causa imediata; Condições inseguras; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Ações inseguras; Recomendações	Direta
98	23KY096	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
98	23KY096	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
99	24KY022	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Ações inseguras; Observações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
99	24KY022	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
99	24KY022	M3	Mitigação	Proteção individual contra consequências	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
99	24KY022	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
99	24KY022	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Desvios de procedimento; Causa-raiz	Direta
100	22KY096	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta
100	22KY096	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Condições inseguras; Recomendações	Direta
100	22KY096	C4	Controlo	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego	Ausente	Causa-raiz; Ações inseguras	Direta
100	22KY096	P1	Preventiva	Eliminação/substituição do perigo	Não especificado	Recomendações	Indireta (recomendação)
100	22KY096	P2	Preventiva	Projeto seguro e verificação de engenharia	Ausente	Causa-raiz	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
100	22KY096	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Não especificado	Desvios de procedimento; Recomendações	Direta
100	22KY096	P4	Preventiva	Formação e competência	Não especificado	Fatores organizacionais	Direta
101	17MI128	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras	Direta
101	17MI128	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
101	17MI128	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais; Recomendações	Direta
101	17MI128	M1	Mitigação	Limitação da queda ou do impacto	Ausente	Fatores técnicos	Direta
101	17MI128	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Desvios de procedimento; Causa-raiz	Direta
102	16MI090	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Causa imediata; Condições inseguras; Desvios de procedimento; Fatores técnicos; Fatores organizacionais; Causa contributiva; Causa-raiz; Ações inseguras; Observações; Recomendações	Direta

N.º	ID do relatório	Código	Nível	Barreira	Estado	Fonte documental	Força da evidência
102	16MI090	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Não especificado	Ações inseguras; Recomendações	Direta
102	16MI090	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais	Direta
102	16MI090	C8	Controlo	Procedimentos e autorização de trabalho	Inadequada	Causa-raiz	Direta
102	16MI090	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Inadequada	Causa-raiz	Direta
103	16MA00101	C1	Controlo	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros	Ausente	Condições inseguras; Desvios de procedimento; Causa-raiz; Ações inseguras; Recomendações	Direta
103	16MA00101	C2	Controlo	Proteção individual contra quedas	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais; Ações inseguras; Recomendações	Direta
103	16MA00101	C7	Controlo	Supervisão e controlo operacional	Degradada/ineficaz	Fatores organizacionais	Direta
103	16MA00101	P3	Preventiva	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Ausente	Causa-raiz	Direta
103	16MA00101	P4	Preventiva	Formação e competência	Ausente	Fatores organizacionais; Causa-raiz; Recomendações	Direta

Nota: Cada acidente pode apresentar várias linhas, correspondentes às diferentes barreiras identificadas. A classificação foi efetuada sem utilizar a categoria analítica do acidente como critério de atribuição. A evidência foi considerada direta quando sustentada por condições inseguras, desvios de procedimento, fatores contributivos, causas ou observações, e indireta quando resultou exclusivamente das recomendações do relatório. A coluna «Fonte documental» indica os campos da matriz nos quais foi localizada a evidência.

Tabela B.19 - Distribuição das causas-raiz segundo o domínio causal

Domínio da causa-raiz	Acidentes com pelo menos uma causa, n	% dos 103 acidentes
Organizacional	92	89,3
Técnica/sistémica	75	72,8
Regulatória/contratual	7	6,8

Nota: Um mesmo acidente podia apresentar causas-raiz pertencentes a mais do que um domínio, pelo que as frequências e percentagens não são aditivas.

Tabela B.20 - Combinação dos domínios das causas-raiz

Combinação de domínios	Acidentes, n	%
Apenas organizacional	26	25,2
Organizacional + técnica/sistémica	61	59,2
Apenas técnica/sistémica	9	8,7
Organizacional + regulatória/contratual	2	1,9
Técnica/sistémica + regulatória/contratual	2	1,9
Organizacional + técnica/sistémica + regulatória/contratual	3	2,9
Total	**103**	**100,0**

Nota: As combinações apresentadas são mutuamente exclusivas. Cada acidente foi contabilizado apenas uma vez, de acordo com os domínios de causa-raiz nele identificados. A combinação entre causas organizacionais e técnicas/sistémicas foi a mais frequente, estando presente em 61 acidentes (59,2%).

Tabela B.21 - Categoria do acidente × presença de causas-raiz organizacionais

Categoria do acidente	O ausente	E ausente	Resíduo ajustado	Contribuição χ^2	O presente	E presente	Resíduo ajustado	Contribuição χ^2
Quedas em altura	0	5,23	-3,34	5,23	49	43,77	3,34	0,63
Colapsos estruturais	10	2,99	5,03	16,43	18	25,01	-5,03	1,96
Objetos, cargas e materiais	0	1,17	-1,21	1,17	11	9,83	1,21	0,14
Equipamentos móveis e maquinaria	1	0,53	0,69	0,41	4	4,47	-0,69	0,05
Interação veículo-trabalhador	0	0,32	-0,61	0,32	3	2,68	0,61	0,04

Categoria do acidente	O ausente	E ausente	Resíduo ajustado	Contribuição χ^2	O presente	E presente	Resíduo ajustado	Contribuição χ^2
Escavações e valas	0	0,32	-0,61	0,32	3	2,68	0,61	0,04
Libertação de energia perigosa	0	0,21	-0,49	0,21	2	1,79	0,49	0,03
Eletricidade	0	0,21	-0,49	0,21	2	1,79	0,49	0,03
Total	**11**	**11,00**		**24,31**	**92**	**92,00**		**2,91**

Nota: O = frequência observada; E = frequência esperada. A soma das contribuições das células corresponde a χ^2 = 27,221. Foram identificadas 12 das 16 células com frequências esperadas inferiores a cinco. Os resíduos ajustados com valor absoluto superior a 1,96 assinalam os maiores afastamentos relativamente à hipótese de independência.

Tabela B.22 - Categoria do acidente × presença de causas-raiz técnicas ou sistémicas

Categoria do acidente	O ausente	E ausente	Resíduo ajustado	Contribuição χ^2	O presente	E presente	Resíduo ajustado	Contribuição χ^2
Quedas em altura	18	13,32	2,08	1,64	31	35,68	-2,08	0,61
Colapsos estruturais	2	7,61	-2,79	4,14	26	20,39	2,79	1,54
Objetos, cargas e materiais	3	2,99	0,01	0,00	8	8,01	-0,01	0,00
Equipamentos móveis e maquinaria	0	1,36	-1,40	1,36	5	3,64	1,40	0,51
Interação veículo-trabalhador	1	0,82	0,24	0,04	2	2,18	-0,24	0,02
Escavações e valas	3	0,82	2,88	5,85	0	2,18	-2,88	2,18
Libertação de energia perigosa	0	0,54	-0,87	0,54	2	1,46	0,87	0,20
Eletricidade	1	0,54	0,73	0,38	1	1,46	-0,73	0,14

Categoria do acidente	O ausente	E ausente	Resíduo ajustado	Contribuição χ^2	O presente	E presente	Resíduo ajustado	Contribuição χ^2
Total	**28**	**28,00**		**13,96**	**75**	**75,00**		**5,21**

Nota: O = frequência observada; E = frequência esperada. A soma das contribuições das células corresponde a χ^2 = 19,172. Foram identificadas 11 das 16 células com frequências esperadas inferiores a cinco. Os resíduos ajustados com valor absoluto superior a 1,96 assinalam os maiores afastamentos relativamente à hipótese de independência.

Tabela B.23 - Categoria do acidente × presença de causas-raiz regulatórias ou contratuais

Categoria do acidente	O ausente	E ausente	Resíduo ajustado	Contribuição χ^2	O presente	E presente	Resíduo ajustado	Contribuição χ^2
Quedas em altura	46	45,67	0,26	0,00	3	3,33	-0,26	0,03
Colapsos estruturais	24	26,10	-1,85	0,17	4	1,90	1,85	2,31
Objetos, cargas e materiais	11	10,25	0,95	0,05	0	0,75	-0,95	0,75
Equipamentos móveis e maquinaria	5	4,66	0,62	0,02	0	0,34	-0,62	0,34
Interação veículo-trabalhador	3	2,80	0,47	0,01	0	0,20	-0,47	0,20
Escavações e valas	3	2,80	0,47	0,01	0	0,20	-0,47	0,20
Libertação de energia perigosa	2	1,86	0,39	0,01	0	0,14	-0,39	0,14
Eletricidade	2	1,86	0,39	0,01	0	0,14	-0,39	0,14
Total	**96**	**96,00**		**0,30**	**7**	**7,00**		**4,11**

Nota: O = frequência observada; E = frequência esperada. A soma das contribuições das células corresponde a χ^2 = 4,411. Foram identificadas 13 das 16 células com frequências esperadas inferiores a cinco. Os resíduos ajustados com valor absoluto superior a 1,96 assinalam os maiores afastamentos relativamente à hipótese de independência.

Tabela B.24 - Codebook da matriz de extração de dados

Variável	Definição operacional	Tipo	Codificação	Fonte	Valores omissos / Regra
ID do relatório	Identificador único do relatório FACE	Texto	Código original FACE	FACE/NIOSH	Não aplicável
Ano	Ano de ocorrência do acidente	Numérica	Ano civil	FACE/NIOSH	Não aplicável
Mês	Mês de ocorrência	Categórica	Janeiro–Dezembro	FACE/NIOSH	Não aplicável
Turno	Período em que ocorreu o acidente	Categórica	Manhã / Tarde / Noite / Não identificado	FACE/NIOSH	NI quando não referido
Projeto/Obra	Tipo de projeto onde ocorreu o acidente	Categórica	Conforme categorias definidas	FACE/NIOSH	NI quando não referido
Fase da obra	Etapa construtiva	Categórica	Conforme categorias definidas	FACE/NIOSH	NI quando não referido
Tipologia do acidente	Categoria do acidente	Categórica	Queda, Soterramento, Eletrocussão, etc.	Codificação do investigador	Obrigatória
Atividade desenvolvida	Trabalho realizado no momento do acidente	Categórica	Conforme categorias definidas	FACE/NIOSH	Obrigatória
Agente causador	Equipamento ou elemento associado ao acidente	Categórica	Conforme categorias definidas	FACE/NIOSH	NI quando não referido
Mecanismo de lesão	Forma como ocorreu a lesão fatal	Categórica	Conforme categorias definidas	FACE/NIOSH	Obrigatória
Parte do corpo	Principal região anatómica afetada	Categórica	Conforme categorias definidas	FACE/NIOSH	NI quando não referido
Fatalidade	Desfecho do acidente	Nominal	Fatal	FACE/NIOSH	Valor constante
PTW	Existência de Permissão de Trabalho	Binária	Sim / Não / NI	FACE/NIOSH	NI quando não referido

Variável	Definição operacional	Tipo	Codificação	Fonte	Valores omissos / Regra
JSA	Existência de Job Safety Analysis	Binária	Sim / Não / NI	FACE/NIOSH	NI quando não referido
Método de trabalho	Existência de método definido	Binária	Sim / Não / NI	FACE/NIOSH	NI quando não referido
Supervisão presente	Existência de supervisão	Binária	Sim / Não / NI	FACE/NIOSH	NI quando não referido
Pessoa competente	Presença de pessoa competente	Binária	Sim / Não / NI	FACE/NIOSH	NI quando não referido
Fatores humanos	Fatores humanos identificados	Nominal	Conforme categorias definidas	Codificação do investigador	Múltiplas respostas possíveis
Fatores organizacionais	Fatores organizacionais identificados	Nominal	Conforme categorias definidas	Codificação do investigador	Múltiplas respostas possíveis
Fatores técnicos	Fatores técnicos identificados	Nominal	Conforme categorias definidas	Codificação do investigador	Múltiplas respostas possíveis
Causa imediata	Primeira causa identificada	Nominal	Conforme categorias definidas	Análise causal	Obrigatória
Causa contributiva	Fatores que contribuíram para o acidente	Nominal	Conforme categorias definidas	Análise causal	Obrigatória
Causa-raiz	Fator causal predominante	Nominal	Conforme categorias definidas	RCA	Uma causa predominante por acidente
Tipo de recomendação	Natureza da recomendação preventiva	Nominal	Engenharia, Administrativa, Formação, etc.	FACE/NIOSH	Obrigatória
Abordagem da recomendação	Tipo de intervenção	Nominal	Técnica, Humana, Organizacional	Codificação do investigador	Obrigatória
Prazo da recomendação	Horizonte temporal	Ordinal	Curto / Médio / Longo prazo	Codificação do investigador	NI quando não referido

Variável	Definição operacional	Tipo	Codificação	Fonte	Valores omissos / Regra
Índice de potencial preventivo	Potencial preventivo atribuído	Ordinal	Conforme critérios definidos na investigação	Avaliação do investigador	Obrigatória

Com o objetivo de documentar a estrutura da base de dados utilizada no tratamento estatístico, a Figura B.1 apresenta a vista de variáveis do ficheiro criado no IBM SPSS Statistics. Nesta interface encontram-se definidos o nome, o tipo, a largura, o número de casas decimais, os rótulos, as categorias de resposta, os valores omissos e o nível de medida atribuído a cada variável. A definição operacional completa das variáveis encontra-se apresentada na Tabela B.24.

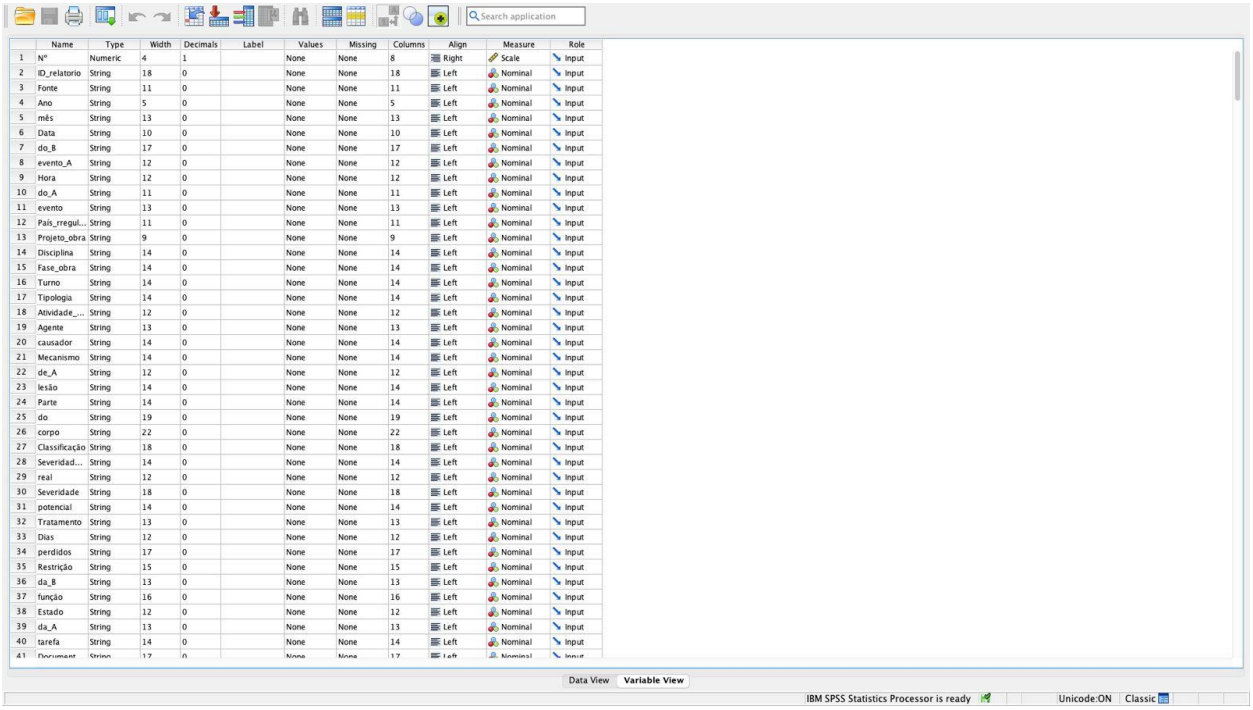


Figura B.1 - Vista de variáveis da base de dados no IBM SPSS Statistics, versão 29.0.0.0, compilação 241

Tabela B.25 - Rastreabilidade da análise causal e preventiva dos 103 acidentes

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
1	13NY080	Deslocamentos identificados às 10:20; colapso às ~12:30 com ~3 m de betão no painel direito	Painel sofreu uplift, base lavada, queda vertical e rotura de ancoragens	Falta de escoras e ancoragem insuficiente	Gestão de mudanças deficiente; ausência de controlo e inspeções	Proteção individual contra quedas (inadequada); Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Supervisão e controlo operacional	Parar imediatamente perante sinais de distresse; Construir conforme desenho; Instalar escoras e hold-downs	Parcial
2	10CA008	Plataforma tombou para a via pública, causando queda de três trabalhadores	Scissor lift foi empurrada lateralmente pelo planter box	Sobrecarga e instabilidade dinâmica da plataforma	Seleção inadequada de equipamento e ausência de JSA	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos; Avaliação de riscos e planeamento da tarefa (ausente); Formação e competência (ausente)	Selecionar equipamento compatível com massa e forças laterais; Treino específico sobre limites de carga e estabilidade; Proibir transporte de cargas pesadas na plataforma	Elevado
3	20CA001	O supervisor presenciou a queda do balde no momento em que o trabalhador se encontrava sob a carga	O balde desacoplou e caiu sobre o trabalhador enquanto este se	O trabalhador aproximou-se e permaneceu sob o balde suspenso	Ausência de procedimentos formais e de formação específica para operação e verificação	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego; Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Baixar sempre o balde ao solo antes de abandonar a cabine da escavadora; Proibir a presença de trabalhadores sob qualquer carga suspensa; Implementar	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
			encontrava debaixo da carga		segura de acopladores rápidos	(degradada/ineficaz); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	formação específica sobre acopladores rápidos, engates e testes de retenção	
4	20CA002	Apenas o operador da escavadora e o trabalhador estavam no local; o operador teve de usar corrente para remover o balde do corpo da vítima	O balde desacoplou do acoplador rápido durante o movimento de curling, caindo diretamente sobre o trabalhador	Trabalhador posicionado dentro da linha de fogo (fall zone) do equipamento	Ausência de procedimentos formais, falta de supervisão competente e inexistência de formação específica sobre acopladores rápidos	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego; Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente)	Implementar inspeções regulares de acopladores rápidos e substituir modelos antigos por versões com dupla retenção; Garantir que nenhum trabalhador entre ou permaneça na zona de perigo da máquina durante operação; Designar sempre uma pessoa competente em trabalhos de valas, conforme…	Elevado
5	22KY046	Queda de 5,8 m para pavimento em betão	Cedência da claraboia ao ser pisada	Ausência de proteção coletiva e individual	Falta de planeamento, supervisão e formação	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas;	Proteger claraboias; Instalar linha de vida; JHA obrigatório	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
						Supervisão e controlo operacional		
6	2006_R_02	Fotografias anteriores já mostravam deformação significativa da treliça	Encurvadura lateral da treliça T-153 levando ao colapso	Cabos-guia ineficazes e instabilidade lateral crescente	Ausência de engenharia adequada para estabilização temporária	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (inadequada); Supervisão e controlo operacional (degradada/ineficaz); Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente)	Desenvolver plano de erecção aprovado por engenheiro; Instalar escoramentos rígidos adequados; Interromper trabalhos perante sinais de instabilidade	Elevado
7	2006_R_08	Uma das vigas colapsou em ‘V’, outra caiu totalmente	Colapso da viga devido a cargas acima da capacidade	Remoção prematura de elementos estruturais	Falta de planeamento técnico de demolição	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento; Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente); Avaliação de riscos e planeamento da tarefa (ausente)	Plano de demolição detalhado; Análise de estabilidade após cada remoção; Escoramento temporário	Elevado
8	2009_R_02	O colapso destruiu o conjunto da lança,	Falha estrutural dos boom stops,	Operação da lança acima dos limites	Deficiência de projeto do sistema de boom	Supervisão e controlo operacional (ausente);	Reprojetar o sistema de boom stops com base em cargas reais	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		mastro, guindaste auxiliar e plataformas próximas, resultando em quatro mortes	incapazes de conter a lança quando o ângulo crítico foi excedido	seguros, gerando forças superiores às previstas	stops, aliada à ausência de controlo operacional rigoroso e de validação de engenharia durante a montagem.	Procedimentos e autorização de trabalho (ausente); Limitação da queda ou do impacto (ausente)	e condições extremas; Estabelecer limites operacionais rígidos para ângulos da lança; Exigir aprovação formal de engenharia para todas as configurações de guindastes modulares	
9	30529458-0	O trabalhador caminhou por cerca de 50 m sobre o telhado, sem EPI, e a telha cedeu no local onde se apoiou, provocando queda fatal.	Falha dos parafusos de ligação do módulo N1 à unidade motorizada, após sobrecarga devido à ausência do parafuso de nivelamento no lado da rua	Carregamento excessivo e assimétrico nos outriggers; utilização de parafusos inadequados; mastro com desalinhamento estrutural	Projeto deficiente da plataforma com outriggers; má montagem; incumprimento de requisitos do fabricante; ausência de engenharia para as configurações utilizadas	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (degradada/ineficaz); Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente); Coordenação e comunicação	Implementar sistema de proteção contra quedas (linha de vida, ancoragens, redes); Garantir ordens de serviço e PTW antes de trabalhos em altura; Realizar análise de risco conforme NR-35	Desalinhamento
10	30300394-4	A investigação identificou que o trabalhador levantou o	Cedência/escorregamento de uma prancha, resultando	Pranchas húmidas e não fixadas; ausência de	Falta de procedimentos formais, ausência de	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente);	Substituir cabos metálicos por materiais não condutores.; Solicitar desligamento	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		cabo metálico para reposicionamento do equipamento, momento em que ocorreu o contacto com a linha de alta tensão, causando eletroplessão fatal	em queda do trabalhador	equipamento adequado	rampas adequadas e inexistência de formação específica	Procedimentos e autorização de trabalho (ausente); Formação e competência (inadequada)	temporário da rede elétrica à concessionária sempre que houver atividades próximas; Implementar sinalização obrigatória nas áreas sob redes energizadas	
11	30548518-0	O telhado já havia sido parcialmente substituído; a telha nova onde o trabalhador caminhava partiu de imediato, demonstrando ausência de validação e proteção contra quedas	Fratura da estaca no ponto de agarre da garra hidráulica, permitindo que a estaca caísse e deslizasse horizontalmente	Ausência da linha de segurança da grua, que teria impedido a queda descontrolada da estaca	Falta de formação específica, ausência de inspeção adequada da garra e incumprimento das recomendações do fabricante	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho; Eliminação/substituição do perigo	Instalar sistema de proteção contra quedas (linha de vida, ancoragens, redes); Implementar PTW e análise prévia de risco para todas as atividades em altura; Treinar todos os trabalhadores segundo a NR-35	Elevado
12	30192731-6	O trabalhador caiu aproximadamente 6 metros, batendo a cabeça na quina da laje e depois na longarina do piso inferior; não utilizava capacete nem cinto e não	Queda da cobertura após o trabalhador recuar inadvertidamente para além da borda	Execução de trabalho em altura sem proteção coletiva ou individual	Falha sistémica de gestão de segurança: ausência de planeamento, de formação, de supervisão e de	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente); Limitação da	laboração e implementação imediata do PCMAT e demais programas legais; Instalar SPCQ (guarda-corpos, redes, linha de vida, amarrações); Garantir formação admissional	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		havia linha de vida instalada			medidas de prevenção de quedas	queda ou do impacto (ausente)	e formação específica para trabalho em altura	
13	2009_R_05	Módulos N1–N5 separaram-se e caíram do 11.º piso; dois trabalhadores caíram 11 andares até ao solo; um terceiro caiu até ao 7.º piso antes de impacto	Queda da cobertura após tropeço ou perda de equilíbrio durante o recuo com carrinho de mão	Execução de trabalho em cobertura inclinada sem proteção coletiva ou individual	Falha sistémica de gestão de segurança: ausência de planeamento, de avaliação de riscos, de formação e de medidas de prevenção de quedas	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas (ausente); Proteção individual contra consequências (ausente)	Assegurar que plataformas mast climber cumpram OSHA 1926.451(a) — suportar 4x a carga prevista; Proibir outriggers superiores a 30'' sem projeto de engenharia dedicado; Garantir instalação apenas de parafusos com espiga (shank) na zona de corte (double shear)	Elevado
14	18MA050	A prancha deslizou quando o trabalhador a pisou ao subir para a caixa do camião; o trabalhador caiu para trás e bateu com a cabeça no asfalto	Queda da borda da cobertura durante execução de trabalho de manutenção	Execução de trabalho em altura sem proteção e incompatível com restrições médicas	Falha sistémica de gestão: ausência de avaliação integrada de riscos, de aptidão médica, de planeamento e de medidas de prevenção de quedas	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Utilizar rampas fabricadas para carga/descarga de maquinaria; Executar análise de risco antes de tarefas de carga/descarga; Implementar programa de segurança formal no departamento municipal	Parcial

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
15	15NY032	A estaca caiu sobre um separador de betão (jersey barrier), deslizou ~10 m e atingiu a trabalhadora nas costas quando esta corria para se afastar	Rutura do isolamento rígido em balanço quando o trabalhador nele se apoiou	Execução de trabalho fora da linha de aviso sem utilização de sistema de retenção	Falha sistémica de gestão: controlo ineficaz do sistema de aviso, acumulação de funções críticas e dependência excessiva do comportamento humano	Proteção individual contra quedas (ausente); Supervisão e controlo operacional (inadequada); Procedimentos e autorização de trabalho (degradada/ineficaz)	Prender sempre a estaca ao guindaste utilizando a linha de segurança, conforme exige o fabricante; Inspecionar todos os parafusos da garra e substituir garra com dentes gastos ou desalinhados; Executar formação técnica obrigatória antes de qualquer operação com vibratory pile drivers	Parcial
16	30643804-6	O trabalhador realizava a colocação de telhas quando a telha em que se apoiava quebrou. Não utilizava cinto de segurança, não havia linha de vida e não existia qualquer sistema de proteção coletiva	Queda do trabalhador da plataforma elevatória durante a subida	Não utilização de sistema pessoal de retenção numa plataforma móvel	Falha sistémica de gestão: dependência excessiva do comportamento individual, aplicação inconsistente das regras de segurança e ausência de barreiras físicas que impeçam a queda	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros; Proteção individual contra quedas (ausente); Controlo de energias perigosas (ausente)	Implementar sistemas de proteção coletiva contra quedas (linha de vida, redes, guarda-corpos); Proibir circulação direta sobre telhas frágeis sem passadiços adequados; Elaborar e implementar PTW e análise de risco para trabalhos em altura	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
17	30584124-6	O trabalhador entrou sozinho na moega para limpeza. Após cerca de 30 minutos, foi encontrado soterrado por farelo aderido às paredes, já sem vida	Queda do trabalhador para o interior do poço de elevador não protegido	Execução de atividades junto a abertura vertical sem proteção coletiva	Falha sistémica grave de gestão: ausência total de planeamento de segurança, incumprimento legal (trabalho infantil), falta de supervisão e inexistência de medidas de proteção contra quedas	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego (ausente); Supervisão e controlo operacional (inadequada)	Implementar programa formal de gestão de espaços confinados conforme NR-33; Cadastrar, sinalizar e isolar todos os espaços confinados; Proibir entrada em moegas carregadas sem esvaziamento prévio e bloqueio	Parcial
18	30380821-7	O projeto previa paredes em betão armado (CA 22 MPa, 15–20 cm), porém a obra foi executada em alvenaria. A moega, ainda em construção, foi utilizada para armazenar cerca de 140 toneladas de milho	Queda do trabalhador da estrutura durante a movimentação de treliça	Execução de trabalho em altura sem qualquer sistema de proteção contra quedas	Falha sistémica grave de gestão: ausência de planeamento de segurança, cadeia de subcontratação sem controlo, falta de formação e violação da legislação de trabalho infantil	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas (ausente); Supervisão e controlo operacional (inadequada)	Garantir que estruturas de armazenamento sejam executadas conforme projeto estrutural aprovado; Proibir utilização de estruturas antes da conclusão e validação técnica; Exigir cálculo estrutural específico para cargas de grãos	Desalinhamento

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
19	BORGES_2017_RS	O andaime colapsou após desequilíbrio do sistema de contrapesos. O sistema de ancoragem dos trabalhadores não funcionou como previsto, e ambos acompanharam a queda	Rutura do cabo do lanyard retrátil após contacto com aresta metálica durante a queda	Ancoragem incorreta e uso do EPI fora dos limites definidos pelo fabricante	Falha sistémica de gestão e engenharia: planeamento inadequado para situações não previstas, confiança excessiva no EPI e ausência de barreiras de engenharia que eliminassem o risco de queda	Proteção individual contra quedas (não aplicada); Procedimentos e autorização de trabalho; Proteção individual contra consequências (inadequada)	Exigir projeto específico de andaime para cada obra e local; Proibir improvisações na instalação de andaimes; Garantir amarração e fixação adequada dos contrapesos	Elevado
20	BRUMADINHO_2019_BI	O rompimento ocorreu sem qualquer alerta prévio. As instalações administrativas localizadas a jusante foram atingidas em segundos, impossibilitando fuga	olapso das treliças devido à instabilidade lateral durante a montagem	Ausência de bracing temporário adequado para treliças de grande vão	Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de projeto de estabilidade temporária por engenheiro, não cumprimento das orientações técnicas e fraca coordenação entre as partes	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente); Coordenação e comunicação (degradada/ineficaz)	Eliminar barragens a montante.; Adotar fatores de segurança conservadores (FS ≥ 1,3 não drenado); Implementar drenagem interna eficiente desde o dique inicial	Parcial

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
21	91-05_MA	O trabalhador recuou enquanto aplicava betume quente e caiu da cobertura plana de um edifício de três pisos. Não existia qualquer sistema de proteção contra quedas nem programa de segurança implementado	Queda do trabalhador através de abertura em cobertura após deslocação de elemento metálico	Abertura não protegida nem sinalizada em cobertura partilhada	Falha sistémica de gestão: inexistência de controlo de aberturas, coordenação deficiente entre empreiteiros, ausência de análise de riscos e dependência excessiva do comportamento individual	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas; Coordenação e comunicação (degradada/ineficaz)	Instalar guarda-corpos ou linhas de aviso em todas as coberturas; Implementar sistemas de proteção contra quedas conforme OSHA; Desenvolver e aplicar programa formal de segurança	Desalinhamento
22	90NJ017	O trabalhador recuava com um carrinho de mão carregado de entulho quando tropeçou ou perdeu o equilíbrio próximo a um tubo de ventilação, caindo da cobertura para um beco lateral. Não existia	Colapso do andaime improvisado durante a elevação de um balde de argamassa	Utilização de equipamentos não projetados como plataforma de trabalho	Falha sistémica de gestão e engenharia: improvisação de meios de acesso e trabalho, ausência de planeamento, de avaliação de riscos e de utilização de equipamentos certificados	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (inadequada); Supervisão e controlo operacional; Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente)	Instalar guarda-corpos ou plataformas de retenção em coberturas; Implementar sistemas de proteção contra quedas (linhas de vida, arnês); Planear a logística de remoção de resíduos para evitar recuos perigosos	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		qualquer sistema de proteção contra…						
23	AK-91-53	O trabalhador tinha autorização médica apenas para coberturas planas, mas executava trabalho em cobertura inclinada. Não utilizava qualquer sistema de proteção contra quedas	Queda do trabalhador através de cobertura plástica para o interior do poço	Circulação junto a abertura vertical sem qualquer proteção coletiva eficaz.	Falha sistémica de gestão e engenharia: inexistência de barreiras físicas adequadas, dependência de soluções provisórias e ausência de planeamento para circulação segura	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Respeitar rigorosamente as limitações impostas por autorizações médicas; Implementar proteção contra quedas em todas as coberturas; Proibir trabalho isolado em atividades críticas.	Elevado
24	13MI020	O trabalhador saiu da área protegida para concluir o corte final do isolamento e apoiou-se inadvertidamente numa secção em balanço, que não tinha capacidade estrutural	Rutura da claraboia quando o trabalhador se deslocava sobre a cobertura	Trabalhos de demolição realizados sem proteção contra quedas e sem identificação de superfícies frágeis	Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de planeamento específico para demolição, inexistência de barreiras físicas e dependência excessiva	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Supervisão e controlo operacional (inadequada); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Instalar guarda-corpos ou parapeitos sempre que possível; Proibir qualquer apoio sobre isolamento em balanço; Exigir uso obrigatório de arnês fora da linha de aviso	Parcial

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					do comportamento humano			
25	08KY007	O trabalhador, que era encarregado da equipa, não estava amarrado à plataforma no momento da subida. O equipamento foi reutilizado após o acidente sem bloqueio imediato	Tombamento do bloco de granito que rompeu as pranchas do andaime	Remoção da cinta de elevação com auxílio da grua, provocando instabilidade do bloco	Falha sistémica de gestão e engenharia: inexistência de análise de risco para cargas pesadas sobre andaimes, procedimentos inadequados e ausência de proteção redundante contra quedas	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (inadequada); Proteção individual contra quedas; Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Tornar obrigatório e verificável o uso de retenção em plataformas elevatórias; Bloquear automaticamente a operação sem ligação do arnês; Reforçar formação específica para encarregados e supervisores	Elevado
26	2000-23_PA	O trabalhador de 16 anos caiu no interior de um poço de elevador aberto enquanto realizava tarefas de limpeza. A abertura permanecia totalmente	Aprisionamento do trabalhador em eixo rotativo durante limpeza do britador	Limpeza realizada com a máquina em funcionamento parcial e sem proteções	Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de LOTO, equipamento sem guardas, procedimentos	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros; Controlo de energias perigosas (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente)	Proteger todas as aberturas verticais com guarda-corpos ou coberturas resistentes; Proibir trabalho de menores em atividades e locais de risco elevado; Implementar programa formal de segurança em obra	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		desprotegida durante toda a jornada			informais e formação inadequada			
27	2000-16_AL	O trabalhador de 16 anos caiu do terceiro piso enquanto apoiava-se numa viga estreita durante a colocação de treliças. Não existia qualquer sistema de proteção contra quedas	Deslizamento lateral do bulldozer durante o carregamento, seguido de esmagamento do operador	Operação do equipamento sem cinto de segurança e sem observador externo	Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de planeamento da tarefa, avaliação inadequada do local, inexistência de procedimentos formais e dependência excessiva da experiência individual	Proteção individual contra quedas (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente); Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente)	Proibir trabalho de menores em atividades estruturais e em altura; Implementar plataformas de trabalho e proteção coletiva; Exigir sistemas pessoais de retenção em montagem estrutural	Parcial
28	71-158-2017_WA	O trabalhador estava ancorado abaixo do nível recomendado e a mais de 6 m do ponto de ancoragem. O cabo do lanyard passou sobre uma aresta metálica e foi cortado durante a queda	Atropelamento do trabalhador por camião em marcha-atrás	Perda de contacto visual e ausência de observador durante o recuo do veículo	Falha sistémica de gestão e engenharia: inexistência de plano de tráfego em estaleiro, ausência de barreiras físicas e tecnológicas, e dependência excessiva	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho	Garantir que pontos de ancoragem estejam sempre acima do nível do trabalhador; Proteger todas as arestas vivas em zonas de trabalho em altura; Proibir uso de lanyards retráteis fora das condições do fabricante	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					do comportamento humano			
29	2021-r-02_FL	O relatório técnico concluiu que as paredes portantes não causaram o colapso. As treliças eram estruturalmente adequadas no estado final, mas instáveis durante a montagem	Colisão traseira da viatura da empresa com camião-cisterna mais lento	Falta de reação do condutor devido a fadiga e/ou distração	Falha sistémica de gestão: ausência de política de segurança rodoviária, inexistência de controlo da fadiga, falta de procedimentos para deslocações em serviço e não imposição do uso do cinto de segurança	Proteção individual contra quedas (ausente); Controlo de energias perigosas (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Exigir projeto de bracing temporário por engenheiro para treliças >18 m; Cumprir integralmente as orientações BCSI; Proibir acesso e apoio sobre treliças não estabilizadas	Elevado
30	08MI015	A abertura tinha sido criada e modificada por diferentes empreiteiros. A cobertura metálica foi colocada solta e não identificada como perigo. A vítima usava arnês,	Queda e deslizamento da estaca metálica após fratura durante a cravação	Ausência de linha de segurança que mantivesse a estaca presa à grua	Falha sistémica de gestão e engenharia: não cumprimento das instruções do fabricante, ausência de redundância na retenção da carga,	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos; Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente); Formação e competência	Proteger todas as aberturas com guarda-corpos ou coberturas resistentes e fixas; Sinalizar claramente todas as aberturas em coberturas; Implementar avaliação diária de riscos em obras multi-empreiteiro	Desalinhamento

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		mas não estava ligada a qualquer ponto de ancoragem			utilização de equipa não treinada e inexistência de análise de riscos para a alteração…			
31	cdc_166938_WI	O andaime foi construído com escadas de extensão utilizadas na horizontal, apoiadas em armações metálicas e varões dobrados. A aplicação de força no sistema de roldana precipitou o colapso	Colapso da cofragem durante a betonagem dos contrafortes	Execução de betonagem com cofragem construída fora das especificações de projeto	Falha sistémica de engenharia e gestão: alterações não aprovadas ao projeto, ausência de mecanismos de controlo de cargas, inexistência de inspeção e de pessoa competente durante a betonagem	Proteção individual contra quedas (inadequada); Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente)	Proibir utilização de equipamentos fora da finalidade de projeto; Fornecer apenas andaimes certificados e adequados à tarefa; Implementar análise de riscos antes de trabalhos em altura	Elevado
32	cdc_166821_IA	A cobertura em plástico era destinada apenas à cura do betão, mas criava a aparência de superfície segura. Após o acidente, foram instalados	Capotamento lateral do empilhador em terreno inclinado	Operação do empilhador por pessoa não autorizada e	Falha sistémica de gestão e cultura de segurança: inexistência de controlo operacional, tolerância a desvios e	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente);	Instalar guarda-corpos ou coberturas resistentes em todas as aberturas.",; Eliminar circulação junto a poços através de barreiras físicas; Criar	Parcial

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		guarda-corpos e placas de madeira.		tentativa de conter o equipamento	ausência de disciplina no uso de equipamentos	Procedimentos e autorização de trabalho	passadiços seguros e zonas de exclusão	
33	22KY046	As claraboias não estavam protegidas nem sinalizadas. O trabalhador caiu diretamente através de uma delas durante a circulação na cobertura	Rutura da cinta de elevação e queda da carga suspensa	Contacto da cinta com arestas cortantes da carga durante a elevação	Falha sistémica de planeamento e controlo operacional: inexistência de análise de risco, utilização de acessórios inadequados e ausência de procedimentos seguros para elevação de cargas	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Proteger todas as claraboias com coberturas resistentes ou guarda-corpos; Sinalizar claramente todas as superfícies frágeis; Implementar análise de riscos específica para trabalhos de demolição	Desalinhamento
34	95-MA-041-01	Após o acidente, o empregador alterou o método de trabalho, passou a remover cintas manualmente, instalou linha de vida e melhorou	Colapso da estrutura metálica durante a fase de montagem	Ausência de contraventamento temporário e permanente conforme	Falha sistémica de engenharia e gestão: não cumprimento dos procedimentos de montagem, ausência de controlo de	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Proibir remoção de cintas de elevação com auxílio da grua; Implementar análise de risco específica para cargas suspensas; Instalar sistemas de	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		a comunicação com o operador da grua		especificado pelo fabricante	estabilidade estrutural e inexistência de pessoa competente durante a ereção	(ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente)	retenção de quedas em trabalhos com andaimes	
35	95-MA-043	A máquina permaneceu em funcionamento com correias e eixos ativos. O capuz da camisola do trabalhador ficou preso no eixo rotativo, impedindo a sua libertação	Colapso parcial do edifício durante a betonagem dos pisos intermédios	Instabilidade da estrutura causada por ausência de contraventamento e ligações inadequadas	Falha sistémica de engenharia e gestão: alterações não aprovadas ao projeto, inexistência de planeamento de estabilidade durante a construção e ausência de controlo técnico competente	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Supervisão e controlo operacional; Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente)	Implementar bloqueio e etiquetagem (LOTO) em todas as operações de limpeza e manutenção; Instalar guardas físicas em todas as partes móveis; Proibir vestuário largo junto a máquinas em movimento	Parcial
36	cdc_166888_WI	O cinto de segurança foi encontrado solto após o acidente. A utilização correta do sistema ROPS com cinto poderia ter evitado o esmagamento	Colapso parcial do segundo piso durante o corte de vigas principais	Sobrecarga das emendas estruturais após corte incorreto das vigas	Falha sistémica de engenharia e gestão: demolição planeada sem conhecimento da estrutura real, ausência de análise estrutural, ignorância de sinais de falha e inexistência de	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente); Projeto seguro	Exigir uso obrigatório do cinto de segurança em equipamentos com ROPS; Avaliar e nivelar o terreno antes do carregamento; Utilizar observador qualificado durante o carregamento	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					controlo técnico competente	e verificação de engenharia (ausente)		
37	71-231-2022_WA	O camião possuía alarme de marcha-atrás funcional, porém não tinha câmara traseira. Não havia observador dedicado nem zona de exclusão durante a manobra	Colapso parcial da estrutura durante a fase de execução	Instabilidade estrutural causada por ausência de contraventamento e ligações incompletas	Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento da estabilidade temporária, não cumprimento do projeto estrutural e ausência de controlo técnico competente	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente); Projeto seguro e verificação de engenharia (não aplicada)	Implementar plano formal de gestão de tráfego em estaleiro; Exigir observador (spotter) para todas as manobras em marcha-atrás; Instalar câmaras traseiras e/ou sistemas de deteção de proximidade	Elevado
38	92WY010	Não foram observadas marcas de travagem no local. O cinto de segurança encontrava-se disponível mas não estava a ser utilizado	Falha do sistema de escoramento durante a betonagem da laje	Postes em dois níveis sem contraventamento adequado e com capacidade de carga excedida	Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de projeto aprovado de escoramento, uso de desenhos preliminares, ausência de inspeção técnica e violação de	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente);	Implementar programa formal de segurança rodoviária laboral; Exigir uso obrigatório do cinto de segurança; Gerir fadiga através de limites de condução e descanso obrigatório	Desalinhamento

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					requisitos regulamentares	Eliminação/substituição do perigo (ausente)		
39	15NY032	O relatório conclui que o grampo não falhou; a estaca partiu na zona de aperto. A ausência de linha de segurança permitiu que a estaca caísse e atingisse a trabalhadora	Falha da base de uma coluna interior não groutada durante a montagem estrutural	Aplicação de cargas excessivas sobre coluna sem capacidade resistente adequada	Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de controlo crítico do grouting, inspeção estrutural ineficaz, falhas de coordenação entre intervenientes e não cumprimento de procedimentos essenciais de estabilidade	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (degradada/ineficaz); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente); Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente)	Assegurar que todas as estacas estejam sempre ligadas à grua por linha de segurança; Implementar zonas de exclusão durante cravação de estacas; Verificar e torquear diariamente os parafusos do grampo conforme especificações	Parcial
40	13NY080	Houve sinais prévios de movimentação e ruído na cofragem. A betonagem prosseguiu sem avaliação técnica adequada	Colapso de painéis pré-fabricados durante a fase de montagem	Escoramento inadequado e incapaz de resistir a cargas laterais	Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento e controlo da estabilidade temporária, não cumprimento das	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (inadequada); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Supervisão e	Assegurar que cofragens tenham capacidade adequada para todas as cargas e forças; Construir cofragens estritamente conforme o projeto aprovado; Submeter qualquer	Parcial

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					instruções do fabricante e ausência de supervisão técnica competente	controlo operacional (ausente)	alteração ao projeto à aprovação do engenheiro	
41	92WY011	O empilhador estava a ser conduzido pelo filho menor do supervisor no momento do acidente	Colapso de vigas de betão pré-fabricadas durante a montagem	Instabilidade lateral das vigas devido à ausência de estabilização temporária	Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento e controlo da estabilidade temporária, procedimentos de montagem inadequados e ausência de pessoa competente durante a fase crítica	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Proibir rigorosamente operadores não autorizados; Impedir transporte de passageiros em empilhadores; Restringir operação de empilhadores em rampas	Desalinhamento
42	93WY010	A carga foi reposicionada e novamente elevada após problemas iniciais,	Falha das ligações de apoio da	Armazenamento de calcário (material pesado) em silos	Falha sistémica de engenharia e gestão: ausência de avaliação	Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente)	Proibir permanência de trabalhadores sob cargas suspensas; Proteger todas as	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		sem correção adequada das condições inseguras	estrutura dos silos sob carga excessiva	não projetados para esse fim	estrutural ao longo da vida útil da instalação, falta de controlo de alterações de carga e inexistência de gestão de integridade estrutural		arestas vivas antes da elevação; Utilizar cintas e acessórios adequados à carga	
43	2012_r_04	A investigação concluiu que o colapso era totalmente evitável se os procedimentos do fabricante e os requisitos de estabilidade temporária tivessem sido cumpridos	Colapso do mastro e da plataforma durante a desmontagem	Sobrecarga da plataforma e remoção prematura das amarrações laterais	Falha sistémica de engenharia e gestão: desmontagem realizada fora dos limites do fabricante, ausência de controlo rigoroso de cargas e estabilidade, e tomada de decisão insegura em atividade crítica	Supervisão e controlo operacional (inadequada); Procedimentos e autorização de trabalho; Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente)	Cumprir rigorosamente os procedimentos de montagem do fabricante; Instalar contraventamentos temporários e permanentes conforme projeto; Assegurar estabilidade estrutural em todas as fases da ereção	Elevado
44	2012_R_05	Trabalhadores relataram vibrações e movimentos da estrutura antes do colapso, sem que a	Colapso parcial do double tee durante operação de re-jacking	Instabilidade do sistema de escoramento e apoio subdimensionado	Falha sistémica de engenharia e gestão: ausência de projeto adequado para escoramento e jacking,	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (inadequada); Controlo de energias perigosas;	Garantir estabilidade estrutural em todas as fases da construção.; Cumprir rigorosamente os projetos e instruções do engenheiro.;	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		betonagem fosse suspensa			utilização de componentes inadequados e tomada de decisão sem validação técnica	Supervisão e controlo operacional (inadequada)	Proibir alterações sem aprovação formal	
45	2012_r_03	Uma fissura significativa desenvolveu-se após um corte anterior e permaneceu visível antes do colapso final, sem que os trabalhos fossem suspensos	Tombamento da parede de alvenaria devido à ação do vento	Escoramento insuficiente e remoção prematura de escoras	Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento e controlo da estabilidade temporária da alvenaria, armaduras mal posicionadas e ausência de supervisão técnica competente	Proteção individual contra quedas; Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Obter e analisar os desenhos estruturais originais antes da demolição; Definir sequência de demolição estrutural segura; Garantir escoramento temporário adequado.	Elevado
46	2012_R_09	O colapso ocorreu numa fase intermédia da construção, quando a estrutura ainda não tinha	Separação e queda da plataforma do mast climber durante operação	Sobrecarga da plataforma e utilização de	Falha sistémica de engenharia e gestão: equipamento utilizado fora das	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Supervisão e controlo	Assegurar estabilidade estrutural em todas as fases da construção; Cumprir rigorosamente o projeto	Parcial

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		capacidade para resistir às cargas atuantes		ligações inadequadas	especificações do fabricante, ausência de controlo de cargas e deficiente manutenção e inspeção das ligações críticas	operacional; Eliminação/substituição do perigo	estrutural aprovado; Planear e implementar contraventamento temporário adequado	
47	2013_r_01	A carga aplicada (~6.1 kips/poste) aproximou-se ou excedeu a capacidade real do escoramento, sem qualquer margem de segurança	Falha de uma ou mais torres de escoramento durante a betonagem	Sistema de escoramento temporário subdimensionado e executado fora das especificações	Falha sistémica de engenharia e gestão: projeto inadequado do escoramento temporário, alterações em campo sem reavaliação estrutural e ausência de controlo rigoroso antes de atividades críticas	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Supervisão e controlo operacional	Elaborar e aprovar projetos de escoramento por engenheiro qualificado; Contraventar adequadamente escoramentos em dois níveis; Garantir capacidade de carga adequada com fator de segurança	Elevado
48	2013_r_02	A coluna crítica permaneceu sem grout durante cerca de 26 dias antes do colapso, sendo progressivamente	Falha dos boom stops após o overhauling do boom	Operação da grua fora do ângulo e raio seguros definidos nos overhaul charts	Falha sistémica de engenharia e gestão: boom stops inadequadamente projetados para impedir a queda do	Procedimentos e autorização de trabalho (inadequada); Projeto seguro e verificação de engenharia (inadequada); Avaliação de riscos e	Garantir grouting imediato das bases de colunas pré-fabricadas; Proibir aplicação de cargas estruturais antes da conclusão de elementos críticos; Reforçar	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		carregada até à falha catastrófica			boom e operação da grua em condições inseguras, em violação de normas ASTM B30.5 e SAE J220	planeamento da tarefa (inadequada)	inspeções estruturais presenciais e documentadas	
49	2014_r_01	Os painéis colapsaram pouco depois de a grua ter sido libertada, quando ainda não existia estabilidade permanente	Tombamento da armadura devido à ação do vento	Utilização de estais apenas para prumo, sem capacidade estrutural	Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de escoramento lateral adequado para uma armadura de grande altura durante a fase de execução, em violação das exigências OSHA	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Supervisão e controlo operacional; Procedimentos e autorização de trabalho	Garantir escoramento adequado de painéis pré-fabricados até à estabilidade permanente; Cumprir rigorosamente as instruções do fabricante; Considerar ações de vento no projeto de estabilidade temporária	Elevado
50	2014_r_02	O colapso ocorreu durante uma fase transitória, quando as vigas ainda não estavam	Falha das ligações estruturais no vão exterior durante a betonagem do nível superior	Escoramento e reescoramento inadequados associados a	Falha sistémica de engenharia e gestão: projeto estrutural deficiente, execução fora das	Proteção individual contra quedas (inadequada); Estabilidade temporária, escoramento e	Planear e implementar estabilidade temporária para todos os elementos pré-fabricados; Definir sequência de montagem segura; Proibir	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		integradas num sistema estrutural estável		omissões de armadura crítica	especificações, fiscalização ineficaz e ausência de gestão adequada das fases intermédias da construção	contraventamento (inadequada); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (degradada/ineficaz)	acesso de trabalhadores a zonas de queda potencial	
51	2014_r_03	A instalação sofreu múltiplas modificações ao longo de mais de 40 anos sem reavaliação estrutural global	Rutura das web slings que suspendiam o collar da grua	Rigging inadequado com slings em contacto com arestas vivas e geometria desfavorável	Falha sistémica de engenharia e gestão: desvio dos procedimentos do fabricante, uso de equipamento degradado, ausência de proteção de slings e planeamento deficiente de uma atividade crítica	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Supervisão e controlo operacional; Procedimentos e autorização de trabalho (não aplicada)	Implementar gestão de integridade estrutural para instalações industriais; Avaliar estruturalmente qualquer alteração de carga ou uso; Garantir registos técnicos completos e atualizados	Parcial
52	2015_r_04	As secções do mastro removidas foram acumuladas na plataforma, aumentando	Falha dos apoios inferiores das torres de andaimes devido a sobrecarga	Acumulação de cargas superiores às previstas e içamento de materiais no topo	Falha sistémica de engenharia e gestão: andaimes de grande altura não projetados por engenheiro,	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente);	Cumprir rigorosamente os procedimentos de desmontagem do fabricante; Limitar a altura livre do mastro conforme especificações; Descarregar	Desalinhamento

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		significativamente a carga e a instabilidade			ausência de verificação estrutural dos apoios e incumprimento dos requisitos OSHA para cargas e fator de segurança	Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	imediatamente as secções removidas	
53	2013_r_06	O colapso ocorreu durante uma ação corretiva improvisada após deformação prévia de componentes do escoramento	Flambagem lateral-torcional da treliça-girder principal durante a montagem	Ausência de escoramento lateral adequado e remoção parcial de estais provisórios	Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de um plano de montagem estrutural seguro, incapacidade de garantir estabilidade temporária e não intervenção perante sinais claros de instabilidade	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Projetar e verificar sistemas de escoramento por engenheiro qualificado; Utilizar componentes com capacidade adequada e fator de segurança; Proibir re-jacking com suporte assimétrico ou incompleto	Elevado
54	2013_r_03	A análise estrutural concluiu que, com	Flambagem da escora exterior da	Concentração de trabalhadores na	Falha sistémica de engenharia e gestão:	Estabilidade temporária, escoramento e	Aplicar rigorosamente os padrões de escoramento de	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		armaduras corretamente posicionadas e escoramento conforme o padrão da indústria, o colapso não teria ocorrido	estrutura de suporte da plataforma	extremidade mais desfavorável da plataforma	plataforma temporária concebida sem suporte vertical adequado e sem cumprir o fator de segurança exigido para cargas vivas	contraventamento; Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente)	paredes de alvenaria.; Manter escoras até à execução dos elementos permanentes de travamento; Garantir posicionamento correto das armaduras de ancoragem	
55	2009_R_05	A investigação concluiu que a plataforma não cumpria o requisito de suportar quatro vezes a carga de trabalho prevista	Falha das vigas principais devido a sobrecarga durante a demolição	Remoção prévia do tabuleiro sem reavaliação da capacidade estrutural	Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de um plano de demolição estrutural seguro, sem análise da capacidade residual e sem controlo adequado das cargas aplicadas	Procedimentos e autorização de trabalho (ausente); Projeto seguro e verificação de engenharia (degradada/ineficaz); Avaliação de riscos e planeamento da tarefa	Cumprir rigorosamente as especificações do fabricante; Garantir que plataformas suportem quatro vezes a carga de trabalho; Substituir parafusos e componentes conforme exigido	Elevado
56	2009_R_04	O colapso envolveu mais de 70% da estrutura da passarela no primeiro dia de betonagem	Escorregamento em telhado inclinado e queda livre	Ausência total de sistemas de proteção contra quedas	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento, formação e implementação de medidas de proteção	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros; Proteção individual contra quedas (ausente); Eliminação/substituição do perigo	Projetar sistemas temporários com o mesmo rigor das estruturas permanentes; Implementar gestão formal de alterações em obra; Verificar	Desalinhamento

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					contra quedas em trabalhos de cobertura com inclinação extrema		capacidade real de torres, vigas e âncoras antes da betonagem	
57	2009_R_02	O boom entrou em condição de overhaul a cerca de 75° quando foi operado até ~79–80°, excedendo os limites admissíveis	Deslocamento da prancha do andaime e queda do trabalhador	Montagem incorreta do andaime e ausência de guardas	Falha sistémica de gestão da segurança: contratação informal sem assegurar competência, formação e condições mínimas de segurança para trabalho em altura	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente); Formação e competência (ausente)	Projetar boom stops capazes de impedir efetivamente a queda do boom; Garantir cumprimento rigoroso dos overhaul charts; Implementar limit switches funcionais para mast e boom	Elevado
58	2000_05_16	A armadura pesava cerca de 80 toneladas e colapsou como um conjunto único	Escorregamento no telhado e falha do sistema PFAS em deter a queda	Instalação e utilização incorreta do sistema de proteção contra quedas	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de formação, supervisão competente e verificação da correta instalação e uso do	Proteção individual contra quedas (inadequada); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos; Supervisão e controlo operacional (ausente)	Projetar e implementar escoramentos temporários para armaduras altas; Considerar explicitamente cargas de vento em fases intermédias; Proibir trabalhos em proximidade de armaduras instáveis	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					PFAS, agravada por barreiras linguísticas			
59	2004_r_03	O colapso envolveu cinco níveis (P7 a P3) e ocorreu após quase três horas de betonagem contínua	Escorregamento no telhado e falha do sistema PFAS em deter a queda	Instalação e utilização incorreta do sistema de proteção contra quedas	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de formação, supervisão competente e verificação da correta instalação e uso do PFAS, agravada por barreiras linguísticas	Proteção individual contra quedas (inadequada); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos; Supervisão e controlo operacional (ausente)	Garantir projeto robusto das ligações laje–viga–pilar; Exigir desenhos detalhados de escoramento e reescoramento; Suspender trabalhos perante sinais estruturais anómalos	Parcial
60	2008_r_02	Ensaios laboratoriais (SWRI e Lehigh University) demonstraram redução da capacidade das slings para valores próximos de 7–10 kips quando posicionadas em entalhes em V	Movimento inesperado da escavadora com trabalhadores na zona de esmagamento	Objeto solto a pressionar comandos e desbloqueio acidental do sistema hidráulico	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de procedimentos formais, formação adequada e barreiras técnicas/organizacionais para impedir a ativação inadvertida	Controlo de energias perigosas (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos; Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Cumprir rigorosamente os procedimentos do fabricante para tie-in de gruas; Proibir uso de slings sintéticas em contacto com arestas sem proteção adequada; Implementar inspeção rigorosa e rejeição de slings degradadas	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					de equipamento pesado			
61	2003_02_01	As torres atingiam até 155 ft considerando diferenças de cota e extensões inferiores	Colapso da parede da vala sobre o trabalhador	Proteção descontínua e inadequada da escavação	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação adequada do solo, implementação incorreta do sistema de proteção da vala e ausência de atuação efetiva da pessoa competente	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (inadequada); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Exigir projeto por engenheiro para andaimes >125 ft; Garantir capacidade adequada dos apoios inferiores; Controlar rigorosamente cargas temporárias acumuladas	Elevado
62	2006_r_02	A deformação lateral da treliça-girder era visível dias antes do colapso	Colapso da parede da vala sobre os trabalhadores	Execução de trabalhos em vala profunda sem proteção	Falha sistémica de gestão da segurança: ausência total de planeamento, de pessoa qualificada e de sistemas de proteção exigidos para	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Seleção, inspeção e manutenção	Projetar e implementar sistemas de estabilidade temporária para treliças longas; Exigir plano de montagem aprovado por engenheiro; Proibir continuidade de trabalhos perante deformações estruturais	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					trabalhos em escavações	de equipamentos (ausente)		
63	2006_r_06	A plataforma já se encontrava estruturalmente em estado precário desde a sua conceção	Colapso da claraboia sob o peso do trabalhador	Ausência de proteção coletiva em torno da abertura	Falha sistémica de gestão da segurança: não reconhecimento das claraboias como aberturas perigosas, ausência de proteção coletiva e formação inadequada em riscos específicos de trabalhos em cobertura	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Avaliação de riscos e planeamento da tarefa; Formação e competência (inadequada)	Projetar plataformas temporárias com suporte vertical direto; Aplicar rigorosamente fatores de segurança exigidos pela OSHA; Avaliar estabilidade temporária para todas as fases intermédias	Parcial
64	2006_r_08	Ensaios laboratoriais indicaram rotura dúctil por sobrecarga, sem evidência de fadiga	Contacto da escada metálica com linha elétrica aérea energizada	Reposicionamento da escada em posição vertical próxima de linha elétrica	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento e controlo de riscos elétricos, utilização de equipamento inadequado e violação	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros; Controlo de energias perigosas (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Elaborar planos de demolição baseados em análise estrutural faseada; Avaliar a capacidade residual após cada etapa de demolição; Controlar rigorosamente cargas de equipamentos pesados	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					das regras de trabalho juvenil			
65	93WY005	A vítima era considerada experiente e fisicamente apta, o que contribuiu para a normalização do risco	Descida dos braços do skid-steer esmagando o operador	Operação do equipamento fora da cabine com sistemas de segurança contornados	Falha sistémica de gestão da segurança: tolerância a práticas inseguras, ausência de procedimentos formais para intervenção em equipamentos energizados e falhas de formação específica em riscos caught-in/between	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento; Controlo de energias perigosas (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Implementar sistemas de proteção contra quedas em telhados inclinados; Utilizar arnês e linhas de vida em trabalhos acima de 10 ft; Instalar guardas ou plataformas com proteção coletiva	Elevado
66	11CA002	O trabalhador era day laborer contratado informalmente e trabalhou sozinho durante vários dias	Queda do balde após desacoplamento do quick coupler	Posicionamento do operador sob carga suspensa	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de procedimentos rigorosos para intervenção em attachments, formação	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (inadequada); Supervisão	Garantir que andaimes sejam montados por pessoa competente; Instalar guardas completas em andaimes; Assegurar formação adequada em trabalhos em altura	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					específica insuficiente e controlo inadequado de zonas de exclusão	e controlo operacional (inadequada)		
67	2012-02	O trabalhador estava no primeiro dia de trabalho e utilizava PFAS sem formação adequada	Projeção do riser pressurizado após falha da ligação	Execução de aperto com sistema sob pressão	Falha sistémica de gestão da segurança: não cumprimento de procedimentos de ensaio, ausência de checklists e comunicação deficiente de alterações de projeto sob pressão de cronograma	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos; Procedimentos e autorização de trabalho (ausente); Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente)	Implementar programas formais de segurança para trabalhos em altura; Garantir formação em proteção contra quedas numa língua compreendida pelos trabalhadores; Assegurar instalação correta e inspeção prévia dos sistemas PFAS	Parcial
68	22KY00601	O trabalhador estava no primeiro dia de trabalho e utilizava PFAS sem formação adequada	Queda do trabalhador a partir do telhado do segundo piso	Ausência de proteção contra quedas durante a execução da tarefa	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento, formação, avaliação médica e implementação de medidas de proteção	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas (ausente); Supervisão e controlo operacional	Implementar programas formais de segurança para trabalhos em altura; Garantir formação em proteção contra quedas numa língua compreendida pelos trabalhadores; Assegurar	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					contra quedas em trabalhos de cobertura		instalação correta e inspeção prévia dos sistemas PFAS	
69	2021OR01	O equipamento funcionava conforme o projeto; não foram identificadas avarias mecânicas	Queda do balde da escavadora para o interior da vala	Presença de trabalhador na zona de queda durante operação	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de segregação de tarefas, procedimentos específicos para quick couplers e controlo rigoroso de zonas de exclusão em trabalhos em vala	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (inadequada); Supervisão e controlo operacional (degradada/ineficaz)	Substituir equipamentos antigos por modelos com sensores de presença e bloqueio automático; Exigir desligamento completo e bloqueio antes de sair da cabine; Proibir objetos soltos na cabine que possam interferir com comandos	Parcial
70	16OR016	A vítima encontrava-se numa zona não protegida entre dois sistemas de escoramento espaçados excessivamente	Queda do balde da escavadora para o interior da vala	Presença de trabalhador na zona de queda durante operação da escavadora	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de segregação de tarefas, procedimentos e formação específicos para quick couplers e controlo rigoroso de	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Supervisão e controlo operacional	Implementar sistemas de proteção contínua em valas ≥5 ft; Classificar o solo e selecionar o sistema de proteção adequado; Garantir inspeções diárias por pessoa competente	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					zonas de exclusão em trabalhos em vala			
71	17MI127	Foi a primeira vez que o empregador executou uma escavação longa e profunda deste tipo	Queda do acessório do skid-steer sobre o operador	Bypass de dispositivos de segurança e presença do operador na zona de esmagamento	Falha sistémica de gestão da segurança: tolerância ao bypass de proteções, ausência de procedimentos e formação adequados, e controlo organizacional insuficiente para operações com skid-steer	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (degradada/ineficaz); Supervisão e controlo operacional (inadequada); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Utilizar escoramento, trench box ou inclinação adequada em valas >5 ft; Designar pessoa qualificada para avaliar solo e condições da escavação; Manter spoils piles a pelo menos 2 ft da borda	Elevado
72	17MI045	Outras claraboias no local também se encontravam desprotegidas ou abertas	Colapso do muro de contenção adjacente sobre o trabalhador	Escavação abaixo da fundação do muro sem estabilização	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação por pessoa competente, ausência de planeamento e de medidas técnicas para garantir a estabilidade de estruturas	Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente); Avaliação de riscos e planeamento da tarefa (ausente)	Instalar guardas, redes ou coberturas resistentes sobre claraboias; Marcar claramente todas as aberturas na cobertura; Incluir riscos de claraboias nos programas de segurança e JSA	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					adjacentes durante trabalhos de escavação			
73	18KY054	A atividade de cobertura é classificada como ocupação proibida para menores segundo legislação laboral dos EUA	Colapso da claraboia sob o peso do trabalhador	Ausência de proteção contra quedas e de proteção das aberturas	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação de riscos, de formação e de implementação de medidas de proteção coletiva e individual para trabalhos em cobertura	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas; Supervisão e controlo operacional (ausente)	Realizar JSA antes de trabalhos próximos de linhas elétricas; Manter distâncias mínimas de segurança a linhas aéreas; Utilizar escadas não condutoras (fibra de vidro)	Parcial
74	2018OR008	O evento foi registado por câmara de videovigilância próxima	Atropelamento do flagger por veículo em circulação	Falha do condutor em parar perante sinalização	Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de medidas de engenharia (barreiras físicas/AFAD) para eliminar a exposição direta de trabalhadores	Eliminação/substituição do perigo (ausente); Projeto seguro e verificação de engenharia (ausente); Avaliação de riscos e planeamento da tarefa (inadequada)	Proibir a operação de skid-steer fora da cabine; Impedir o bypass de sistemas de segurança; Aplicar procedimentos de bloqueio e etiquetagem (LOTO)	Parcial

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					ao tráfego em zonas de obras			
75	20CA001	O quick coupler era automático; a verificação positiva do engate não foi assegurada antes da intervenção	Queda do trabalhador a partir de plataforma instável	Configuração improvisada do andaime pump-jack	Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento específico, inspeção por pessoa qualificada e seleção de método seguro para acesso em zonas com obstáculos	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (inadequada); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Limitação da queda ou do impacto (ausente)	Exigir que o balde seja sempre baixado ao solo antes de sair da cabine; Proibir circulação sob a lança ou cargas suspensas; Implementar checklists de verificação positiva do engate do quick coupler	Desalinhamento
76	2018OR030	Os parafusos torque shear não apresentavam marcas de aperto; o procedimento HPT não estava disponível no estaleiro	Queda do trabalhador após rotação da prancha não fixada	Utilização de plataforma improvisada e incompleta	Falha sistémica de gestão da segurança: aceitação de desvios operacionais, ausência de disciplina na aplicação das regras de trabalho em altura e falha no princípio de não trabalhar em sistemas incompletos	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas; Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Proibir qualquer intervenção em sistemas pressurizados; Realizar ensaios hidrostáticos antes do backfill; Aplicar checklists formais de inspeção e ensaio	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
77	19KY034	O óbito ocorreu dias após o acidente devido a lesões cranianas; o empregador tinha conhecimento de condição médica prévia	Queda do trabalhador da cobertura plana	Ausência de proteção contra quedas	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento e de medidas de proteção contra quedas, associada à ausência de procedimentos de resposta médica imediata após o acidente	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente); Resposta de emergência, resgate e primeiros socorros (ausente)	Implementar e exigir uso de sistemas de proteção contra quedas em telhados; Realizar JHA antes de trabalhos em altura; Fornecer formação formal em proteção contra quedas	Parcial
78	20CA002	O cenário é consistente com outros acidentes FACE envolvendo quick couplers e struck-by	Falha de prancha da plataforma temporária, criando abertura para a queda	Uso da plataforma como superfície de trabalho sem requisitos de andaime	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento, classificação e controlo de plataformas temporárias, ausência de inspeções por pessoa competente e	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (degradada/ineficaz); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente)	Proibir presença de trabalhadores em valas durante operações de elevação.; Implementar zonas de exclusão sob a lança da escavadora; Exigir verificação positiva do engate do quick coupler	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					de proteção contra quedas para trabalhos em altura…			
79	21CA004	O operador era a pessoa competente designada; não ficou evidenciada a realização de JHA no dia	Queda do trabalhador após perda de apoio ao descarregar carpete	Remoção de guarda da janela sem proteção alternativa	Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento seguro para manuseamento de materiais em altura, falta de métodos de engenharia adequados e de controlo por pessoa competente	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas (ausente); Supervisão e controlo operacional (ausente)	Proibir presença de trabalhadores em valas durante operações com lança; Implementar e sinalizar zonas de exclusão sob a lança; Exigir verificação positiva do engate do quick coupler antes de elevar	Elevado
80	22KY083	Exames toxicológicos pós-mortem indicaram presença de múltiplas substâncias	Capotamento da scissor lift após impacto e instabilidade	Sobrecarga e uso de equipamento inadequado para a tarefa	Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada de equipamento, ausência de planeamento específico para cargas dinâmicas e formação insuficiente sobre	Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos; Projeto seguro e verificação de engenharia (inadequada); Avaliação de riscos e planeamento da tarefa (inadequada)	Proibir a saída da cabine com braços elevados; Impedir o bypass de dispositivos de segurança (seat bar); Exigir verificação visual do travamento de acessórios	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					limites operacionais de MEWPs			
81	23CA003	O empregador não apresentou o IIPP nem evidências de formação no local	Colapso do painel de contraplacado após remoção do escoramento	Acesso de trabalhadores a área com cofragem sem suporte	Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento, sinalização e coordenação eficaz durante a remoção parcial de escoramentos em ambiente multiempregador	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego (ausente)	Designar pessoa competente para escavações; Avaliar estabilidade de estruturas adjacentes antes de escavar; Aplicar bracing, shoring ou underpinning quando necessário	Parcial
82	15KY078	A proteção contra quedas estava disponível no local, mas não era utilizada nem havia formação	Queda do trabalhador a partir de escada extensível	Seleção inadequada da escada para a tarefa	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de formação, avaliação de riscos e controlo na seleção do meio de acesso, associada a	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (inadequada); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos; Projeto seguro e verificação de engenharia (inadequada)	Proteger todas as claraboias com guardas, redes ou coberturas resistentes; Exigir uso de PFAS em trabalhos em altura; Realizar JHA antes de iniciar trabalhos em cobertura	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					fatores ergonómicos que desencorajaram o uso do equipamento correto			
83	22KY097	O condutor abandonou inicialmente o local após o atropelamento	Queda do trabalhador da plataforma improvisada	Ausência de guardas e de proteção contra quedas	Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada de equipamento, uso indevido de PIT como man-lift, ausência de planeamento, formação e fiscalização em trabalhos em altura	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros; Proteção individual contra quedas (ausente); Supervisão e controlo operacional (inadequada)	Utilizar AFAD em substituição de flaggers sempre que possível; Implementar presença policial em zonas de obras com tráfego ativo; Instalar rumble strips temporárias para acalmia de tráfego	Parcial
84	OR2015-12-1	A proteção contra quedas estava disponível no estaleiro, mas não foi utilizada no breezeway	Falha da ancoragem do sistema antiqueda durante a queda	Instalação da ancoragem em bordo não fixado com fixadores inadequados	Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento deficiente da proteção em leading edge, seleção inadequada de dispositivos de ancoragem e ausência	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (inadequada); Proteção individual contra quedas (inadequada); Supervisão e controlo operacional (inadequada)	Avaliar condições específicas do local antes de selecionar método de acesso; Não utilizar andaimes em configurações não previstas pelo fabricante; Selecionar métodos alternativos	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					de verificação por pessoa competente		seguros quando existirem obstáculos	
85	17KY007	A vítima era o responsável pela segurança e formação da empresa	Colapso da tampa do alçapão sob o peso do trabalhador	Proteção inadequada de abertura em cobertura	Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento, inspeção e controlo eficaz das aberturas em coberturas em ambiente multiempregado	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (inadequada); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Avaliação de riscos e planeamento da tarefa (ausente)	Concluir sempre a montagem completa de andaimes antes do uso; Utilizar apenas plataformas concebidas e fixadas para a função; Exigir guardas ou PFAS em andaimes >10 ft	Parcial
86	17MI075	O óbito ocorreu horas depois; a demora na assistência médica foi um fator agravante	Deslizamento lateral da escada durante a subida com carga	Falha do estabilizador e da amarração superior da escada	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento para transporte de materiais em altura, inspeção inadequada de acessórios de escadas e ausência de	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (inadequada); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente)	Implementar proteção contra quedas para trabalhos ≥6 ft; Desenvolver plano de resposta a emergências, incluindo acionamento imediato do 911; Formar trabalhadores (incluindo autónomos) em riscos de queda	Parcial

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					formação específica em prevenção de quedas			
87	07NJ077	Após o acidente, a OSHA classificou a ‘catch platform’ como andaime sujeito às normas aplicáveis	Capotamento da scissor lift após entrada da roda em depressão	Deslocação do equipamento com a plataforma elevada	Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de eliminação/isolamento de perigos no pavimento e incumprimento de práticas seguras de operação de MEWPs	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego; Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (inadequada); Eliminação/substituição do perigo	Classificar plataformas temporárias como andaimes quando acessíveis a trabalhadores; Projetar plataformas para suportar ≥4x a carga prevista; Fixar pranchas entre si para evitar deslocamentos	Parcial
88	09WA05101	O método preferencial (elevação vertical segura ou stinger/rug ram) não foi utilizado	Queda da caixa artesanal com o trabalhador ao sair pela janela	Instabilidade por falta de fixação da caixa ao empilhador	Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada do método de transporte/elevação, uso indevido de PIT, ausência de planeamento e de	Supervisão e controlo operacional (ausente); Avaliação de riscos e planeamento da tarefa (ausente); Coordenação e comunicação (inadequada)	Utilizar métodos aprovados para elevação e descarga de materiais (elevadores, hoists, plataformas); Assegurar que guardas de janelas só sejam removidas por pessoa competente; Implementar PFAS quando proteções coletivas são removidas	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					controlo por pessoa competente			
89	10CA008	Uma scissor lift maior havia sido solicitada, mas não se aguardou a sua entrega	Queda do trabalhador após rajada de vento	Acesso à cobertura sem proteção contra quedas instalada	Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do trabalho em altura, ausência de aplicação imediata de proteção contra quedas e falha na gestão de riscos ambientais	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Limitação da queda ou do impacto (ausente); Proteção individual contra consequências	Selecionar MEWP adequada à carga total e ao método de trabalho; Proibir manuseamento de cargas pesadas/dinâmicas a partir de scissor lifts inadequadas; Formar trabalhadores sobre capacidades e limites operacionais de MEWPs	Elevado
90	11CA001	A remoção do escoramento ocorreu enquanto outras equipas circulavam no piso superior	Ruptura da linha de vida durante a tarefa	Uso de equipamento de proteção degradado	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de programa de proteção contra quedas, ausência de inspeção/manutenção de EPI e cultura	Proteção individual contra quedas (degradada/ineficaz); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos (ausente); Supervisão e controlo operacional	Proibir circulação sobre painéis de cofragem durante remoção de escoramento; Implementar barreiras físicas e sinalização clara em áreas críticas.; Desenvolver sistema visual de identificação do escoramento a remover/manter	Parcial

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					organizacional permissiva a práticas inseguras			
91	10MI137	A escada adequada estava disponível no veículo da empresa, mas não foi utilizada	Queda do trabalhador a partir da escada fixa	Manuseamento de materiais no topo da escada sem meios mecânicos	Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do acesso ao telhado, ausência de meios de elevação de materiais, formação insuficiente e responsabilidades mal definidas em contexto de trabalho temporário	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Avaliação de riscos e planeamento da tarefa (ausente); Formação e competência (ausente)	Formar trabalhadores em seleção e uso seguro de escadas; Assegurar utilização de escadas com capacidade e comprimento adequados; Facilitar o acesso ao equipamento correto (sistemas de descarga ergonómicos)	Parcial
92	07NY107	O fabricante do telehandler proibia explicitamente o uso como plataforma para pessoas	Deslizamento da base da escada e queda do trabalhador	Utilização de escada inadequada e base instável	Falha sistémica de gestão da segurança: seleção incorreta do meio de acesso, ausência de formação e de procedimentos	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente); Formação e competência (ausente)	Proibir o uso de PITs como plataformas para pessoas, salvo se aprovados pelo fabricante; Utilizar apenas MEWPs certificadas para elevação de trabalhadores.; Implementar	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					formais para trabalhos em altura		planos de proteção contra quedas com 100% tie-off	
93	09-NJ-099	O trabalhador utilizava EPI, mas o sistema falhou devido à ancoragem inadequada	Queda do encarregado ao caminhar sobre steel decking	Não utilização de sistema de ancoragem apesar de uso de arnês	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de proteção coletiva, tolerância organizacional ao não uso efetivo de PFAS e fiscalização inadequada em trabalhos em altura	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas (ausente); Supervisão e controlo operacional (inadequada)	Selecionar ancoragens compatíveis com coberturas corrugadas; Utilizar apenas fixadores conforme especificação do fabricante; Nunca instalar ancoragens em leading edge não fixado	Parcial
94	10MI144	A tampa tinha a palavra 'HOLE' pintada, mas não estava fixada nem certificada	Soterramento e asfixia após inundação da vala	Escavação sem proteção e sem controlo de utilidades	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento de escavações, ausência de pessoa competente, não cumprimento de requisitos legais e	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros; Estabilidade temporária, escoramento e contraventamento (ausente); Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Instalar coberturas estruturais capazes de suportar ≥2x a carga prevista; Fixar mecanicamente todas as tampas de aberturas; Proteger aberturas com guardas quando possível	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					utilização de mão-de-obra não treinada			
95	2010IA054	A queda ocorreu sobre um muro de fundação adjacente, agravando as lesões	Queda do trabalhador da cobertura	Não utilização de proteção contra quedas	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de políticas escritas, ausência de análise de riscos e falha na aplicação do uso obrigatório de proteção contra quedas em trabalhos em altura	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas (não aplicada); Supervisão e controlo operacional	Proibir transporte manual de cargas em escadas.; Utilizar polias, guinchos ou meios mecânicos para elevar materiais; Fixar escadas no topo e na base contra deslocamento	Elevado
96	13MI091	O perigo era conhecido, mas foi ocultado ao cobrir o pavimento com plástico	Contacto do trabalhador com linha aérea energizada	Operação do boom lift demasiado próximo das linhas	Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de análise prévia de riscos elétricos, planeamento inadequado do posicionamento do MEWP e falta de	Segregação, zona de exclusão e gestão de tráfego (ausente); Controlo de energias perigosas; Proteção individual contra consequências (ausente)	Eliminar ou isolar depressões no pavimento antes de operar MEWPs; Proibir deslocações com plataformas elevadas; Marcar e sinalizar perigos no solo de forma visível	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					formação/proteção específica para trabalhos próximos de linhas…			
97	09KY034	Existia elevador operacional e carrinho de lajes disponível no local	Queda do trabalhador através de claraboia	Ausência de proteção física nas claraboias	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de controlos de engenharia para aberturas em cobertura, ausência de análise prévia de riscos e falha na aplicação do uso obrigatório de proteção contra quedas	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas; Seleção, inspeção e manutenção de equipamentos	Proibir plataformas improvisadas em empilhadores; Utilizar carrinhos de lajes e elevadores para transporte vertical; Fixar cargas e acessórios conforme requisitos normativos	Elevado
98	13KY059	Os trabalhadores estavam a planear o tie-off, mas	Queda do trabalhador após perda de	Alcance fora dos montantes laterais	Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de análise	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (inadequada); Avaliação	Proibir acesso a coberturas sem proteção contra quedas instalada; Suspender trabalhos	Elevado

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
		ainda não tinham colocado o EPI	estabilidade da escada		prévia de riscos, seleção inadequada do meio de acesso e inexistência de um programa formal de segurança	de riscos e planeamento da tarefa; Formação e competência	em altura em condições de vento forte; Instalar ancoragens antes de permitir circulação na cobertura	
99	14KY030	A empresa tinha histórico de citações por falta de proteção contra quedas	Queda do trabalhador de pallet elevado	Uso de plataforma improvisada em empilhador	Falha sistémica de gestão da segurança: não eliminação do trabalho em altura por meios de engenharia, tolerância organizacional a desvios de procedimento e ausência de auditorias eficazes	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (ausente); Proteção individual contra consequências	Inspecionar diariamente todo o EPI de proteção contra quedas; Substituir imediatamente equipamentos com sinais de desgaste; Implementar programa escrito de proteção contra quedas	Elevado
100	13MA02601	O acesso ao telhado era exclusivamente por escada fixa, sem alternativas seguras	Queda do trabalhador através de claraboia	Ausência de proteção física das claraboias	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de análise prévia de riscos, ausência de medidas	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas (ausente); Segregação,	Instalar meios mecânicos para elevação de materiais (polias/guinchos); Proibir transporte manual de cargas em escadas fixas; Formar	Parcial

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					de engenharia para aberturas em cobertura e falha grave no controlo e segregação da área após o acidente	zona de exclusão e gestão de tráfego (ausente)	trabalhadores (incluindo temporários) em segurança de escadas	
101	15MA03701	Outras escadas no local tinham estabilizadores, mas não a utilizada pela vítima	Escorregamento e queda do trabalhador da cobertura	Transição insegura entre lift e cobertura em condições adversas	Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do acesso à cobertura, não aplicação de proteção contra quedas e desconsideração das condições ambientais	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas (ausente); Procedimentos e autorização de trabalho (degradada/ineficaz)	Selecionar escadas com duty rating adequado ao peso do trabalhador; Nivelar e estabilizar a base da escada antes do uso; Utilizar estabilizadores/outiggers e fixação no topo	Parcial
102	07KY071	Todos os trabalhadores usavam arnês, mas nenhum estava ancorado	Deslizamento da escada para o poço e queda do trabalhador	Desengate do SRL e ajuste da escada enquanto ocupada	Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado da sequência de remoção	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas; Supervisão e controlo	Instalar proteção coletiva (guarda-corpos ou redes) durante steel decking.; Assegurar sistemas de ancoragem antes do acesso à	Parcial

N.º	ID do relatório	Excerto factual	Causa imediata	Causa contributiva	Causa-raiz	Barreira(s) falhada(s)	Recomendação(ões) preventiva(s)	Coerência
					da escada, controlo deficiente de aberturas verticais e aplicação insuficiente das regras de proteção contra quedas	operacional (degradada/ineficaz)	cobertura; Proibir circulação em decking sem tie-off ativo	
103	22CA003	O resgate demorou várias horas; a vítima ficou totalmente submersa em lama	Queda do trabalhador a partir do top plate	Ausência de proteção contra quedas em borda exterior	Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento e implementação de proteção coletiva/individual para trabalhos em bordas e falta de formação e enforcement em contexto de construção residencial	Proteção coletiva contra quedas e acessos seguros (ausente); Proteção individual contra quedas (degradada/ineficaz); Supervisão e controlo operacional (degradada/ineficaz)	Escorar, blindar ou inclinar todas as valas ≥5 ft; Garantir inspeção diária por pessoa competente; Obter licenças e desligar/utilizar deteção de utilidades	Elevado

Nota: A tabela estabelece a correspondência entre a evidência factual dos relatórios, as causas codificadas, as barreiras de segurança identificadas, as recomendações preventivas e a classificação da coerência causal-preventiva. Os excertos foram condensados para fins de apresentação.

Tabela B.26 - Análise e aplicação integrada dos 5 Porquês, RCA e Árvore de Causas nos 103 relatórios de acidentes analisados

N.º	ID	Evento / evidência factual	Aplicação dos 5 Porquês	RCA	Árvore de Causas — síntese lógica	Síntese da aplicação integrada
1	13NY080	Colapso estrutural de cofragem. Deslocamentos identificados às 10:20; colapso às ~12:30 com ~3 m de betão no painel direito	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Painel sofreu uplift, base lavada, queda vertical e rotura de ancoragens. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Falta de escoras e ancoragem insuficiente. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Gestão de mudanças deficiente; ausência de controlo e inspeções. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Capacidade insuficiente de ancoragens; Geometria inclinada sem contraventamento adequado) e organizacionais (Inspeções inadequadas; Falta de supervisão). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Painel sofreu uplift, base lavada, queda vertical e rotura de ancoragens; Contributiva: Falta de escoras e ancoragem insuficiente; Raiz predominante: Gestão de mudanças deficiente; ausência de controlo e inspeções	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuar betonagem após sinais de deslocamento/ruído; Apertar varão e retomar betonagem sem avaliação técnica]; condições inseguras [Ausência de escoramento e hold-downs; Fixações mecânicas subdimensionadas]; desvios [Alteração não aprovada ao sistema de ancoragem; Cofragem construída em desacordo com especificações]. Fatores intermédios: humanos [Subvalorização de sinais de distresse; Comunicação limitada]; técnicos [Capacidade insuficiente de ancoragens; Geometria inclinada sem contraventamento adequado]; organizacionais [Inspeções inadequadas; Falta de supervisão]. Convergência causal: Painel sofreu uplift, base lavada, queda vertical e rotura de ancoragens -> Colapso estrutural de cofragem.	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Gestão de mudanças deficiente; ausência de controlo e inspeções.

2	10CA008	Tombamento de plataforma elevatória. Plataforma tombou para a via pública, causando queda de três trabalhadores	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Scissor lift foi empurrada lateralmente pelo planter box. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Sobrecarga e instabilidade dinâmica da plataforma. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Seleção inadequada de equipamento e ausência de JSA. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Capacidade de 226,8 kg claramente excedida; Instabilidade devido à carga elevada e força lateral) e organizacionais (Formação insuficiente; Método de trabalho não avaliado previamente). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Scissor lift foi empurrada lateralmente pelo planter box; Contributiva: Sobrecarga e instabilidade dinâmica da plataforma; Raiz predominante: Seleção inadequada de equipamento e ausência de JSA	Ramos antecedentes: ações inseguras [Utilização de plataforma acima da capacidade; Realização de tração lateral sobre objeto fixo]; condições inseguras [Equipamento inadequado à massa e forças laterais; Plataforma totalmente estendida reduzindo estabilidade]; desvios [Ausência de verificação de capacidade; Ausência de formação específica sobre scissor lifts]. Fatores intermédios: humanos [Desconhecimento dos limites da máquina]; técnicos [Capacidade de 226,8 kg claramente excedida; Instabilidade devido à carga elevada e força lateral]; organizacionais [Formação insuficiente; Método de trabalho não avaliado previamente]. Convergência causal: Scissor lift foi empurrada lateralmente pelo planter box -> Tombamento de plataforma elevatória.	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Seleção inadequada de equipamento e ausência de JSA.
3	20CA001	Impacto por objeto (struck-by): Queda de balde de escavadora. O supervisor presenciou a queda do balde no	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a O balde desacoplou e caiu sobre o trabalhador enquanto este se encontrava debaixo da carga. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por O trabalhador aproximou-se e permaneceu sob o balde suspenso. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para	Imediata: O balde desacoplou e caiu sobre o trabalhador enquanto este se encontrava debaixo da carga; Contributiva: O trabalhador aproximou-se e permaneceu sob o balde suspenso; Raiz	Ramos antecedentes: ações inseguras [Abandono da cabine com o balde elevado; Posicionamento diretamente sob carga suspensa]; condições inseguras [Balde suspenso acima do nível do trabalhador; Possível falha de engate ou verificação deficiente do acoplador]; desvios [Não baixar	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Ausência de procedimentos

		momento em que o trabalhador se encontrava sob a carga	Ausência de procedimentos formais e de formação específica para operação e verificação segura de acopladores rápidos. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Dependência de verificação manual do acoplador rápido; Possível engate incompleto do balde antes da utilização) e organizacionais (Formação incompleta sobre riscos específicos dos acopladores rápidos; Falta de procedimento formal de verificação de engate). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	predominante: Ausência de procedimentos formais e de formação específica para operação e verificação segura de acopladores rápidos	o balde antes de abandonar a cabine; Ausência de testes formais de engate conforme fabricantes]. Fatores intermédios: humanos [Erro de julgamento ao posicionar-se sob o balde; Interpretação incorreta do estado do acoplador]; técnicos [Dependência de verificação manual do acoplador rápido; Possível engate incompleto do balde antes da utilização]; organizacionais [Formação incompleta sobre riscos específicos dos acopladores rápidos; Falta de procedimento formal de verificação de engate]. Convergência causal: O balde desacoplou e caiu sobre o trabalhador enquanto este se encontrava debaixo da carga -> Impacto por…	formais e de formação específica para operação e verificação segura de acopladores rápidos.
4	20CA002	Impacto por objeto (struck-by): queda de balde de escavadora. Apenas o operador da escavadora e o trabalhador estavam no local; o operador teve de usar	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a O balde desacoplou do acoplador rápido durante o movimento de curling, caindo diretamente sobre o trabalhador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Trabalhador posicionado dentro da linha de fogo (fall zone) do equipamento. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Ausência de procedimentos formais, falta	Imediata: O balde desacoplou do acoplador rápido durante o movimento de curling, caindo diretamente sobre o trabalhador; Contributiva: Trabalhador posicionado dentro da linha de fogo (fall zone) do equipamento; Raiz predominante: Ausência de	Ramos antecedentes: ações inseguras [Permanência do trabalhador dentro da vala sob a projeção do balde; Movimentação do balde na proximidade imediata do trabalhador]; condições inseguras [Balde suspenso por acoplador rápido em área confinada; Trabalhador dentro do raio de ação da máquina]; desvios [Trabalhos de orientação feitos diretamente sob o balde;	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Ausência de procedimentos formais, falta de supervisão competente e inexistência de

		corrente para remover o balde do corpo da vítima	de supervisão competente e inexistência de formação específica sobre acopladores rápidos. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Acoplador rápido sujeito a falha ou engate incompleto; Possível ausência de teste visual ou físico antes da operação) e organizacionais (Ausência de programa de segurança formal; Falta de designação de pessoa competente no local). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	procedimentos formais, falta de supervisão competente e inexistência de formação específica sobre acopladores rápidos	Acoplador rápido recentemente reparado sem evidência de inspeção formal]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco de queda do balde; Comunicação limitada entre operador e trabalhador no interior da vala]; técnicos [Acoplador rápido sujeito a falha ou engate incompleto; Possível ausência de teste visual ou físico antes da operação]; organizacionais [Ausência de programa de segurança formal; Falta de designação de pessoa competente no local]. Convergência causal: O balde desacoplou do acoplador rápido durante o movimento de…	formação específica sobre acopladores rápidos.
5	22KY046	Queda através de claraboia. Queda de 5,8 m para pavimento em betão	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Cedência da claraboia ao ser pisada. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de proteção coletiva e individual. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falta de planeamento, supervisão e formação. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Claraboia frágil; Ausência de proteção) e organizacionais (Falta de formação; Falha na coordenação entre empregadores). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no	Imediata: Cedência da claraboia ao ser pisada; Contributiva: Ausência de proteção coletiva e individual; Raiz predominante: Falta de planeamento, supervisão e formação	Ramos antecedentes: ações inseguras [Mover-se de costas sobre superfície com aberturas]; condições inseguras [Claraboias sem proteção; Ausência de SPCQ e EPI]; desvios [Sem planeamento específico; Sem avaliação prévia dos riscos]. Fatores intermédios: humanos [Desconhecimento do risco da claraboia]; técnicos [Claraboia frágil; Ausência de proteção]; organizacionais [Falta de formação; Falha na coordenação entre empregadores].	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falta de planeamento, supervisão e formação.

			nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		Convergência causal: Cedência da claraboia ao ser pisada -> Queda através de claraboia.	
6	2006_R_02	Colapso estrutural: queda de treliça metálica. Fotografias anteriores já mostravam deformação significativa da treliça	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Encurvadura lateral da treliça T-153 levando ao colapso. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Cabos-guia ineficazes e instabilidade lateral crescente. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Ausência de engenharia adequada para estabilização temporária. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Deflexão excessiva do banzo superior; Escoramento inadequado) e organizacionais (Ausência de engenharia de fase construtiva; Coordenação insuficiente entre empreiteiros). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Encurvadura lateral da treliça T-153 levando ao colapso; Contributiva: Cabos-guia ineficazes e instabilidade lateral crescente; Raiz predominante: Ausência de engenharia adequada para estabilização temporária	Ramos antecedentes: ações inseguras [Prosseguir montagem com deflexão crescente da treliça; Não retensionar cabos-guia]; condições inseguras [Encurvadura visível do banzo superior; Escoramento insuficiente]; desvios [Ausência de plano de erecção validado por engenheiro; Falha em parar o trabalho após sinais de instabilidade]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco; Dependência da experiência em vez de critérios técnicos]; técnicos [Deflexão excessiva do banzo superior; Escoramento inadequado]; organizacionais [Ausência de engenharia de fase construtiva; Coordenação insuficiente entre empreiteiros]. Convergência causal: Encurvadura lateral da treliça T-153 levando ao colapso -> Colapso estrutural: queda de treliça metálica.	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Ausência de engenharia adequada para estabilização temporária.
7	2006_R_08	Colapso estrutural: viga de aço. Uma das vigas colapsou	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso da viga devido a cargas acima da capacidade. 2.º Porquê: esta condição foi	Imediata: Colapso da viga devido a cargas acima da capacidade; Contributiva:	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalhar sobre tramo com balanço excessivo; Aplicar martelo em viga instável];	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de

		em ‘V’, outra caiu totalmente	favorecida por Remoção prematura de elementos estruturais. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falta de planeamento técnico de demolição. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Excesso de carga sobre a viga; Rotura por encurvadura) e organizacionais (Falta de metodologia formal de demolição; Ausência de engenharia de fase construtiva). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Remoção prematura de elementos estruturais; Raiz predominante: Falta de planeamento técnico de demolição	condições inseguras [Tramo com consola de ~15 m sem suporte; Enfraquecimento estrutural progressivo]; desvios [Ausência de planeamento técnico; Remoção indevida de elementos estruturais]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco]; técnicos [Excesso de carga sobre a viga; Rotura por encurvadura]; organizacionais [Falta de metodologia formal de demolição; Ausência de engenharia de fase construtiva]. Convergência causal: Colapso da viga devido a cargas acima da capacidade -> Colapso estrutural: viga de aço.	Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falta de planeamento técnico de demolição.
8	2009_R_02	Colapso total de guindaste móvel de grande capacidade. O colapso destruiu o conjunto da lança, mastro, guindaste auxiliar e plataformas próximas, resultando em quatro mortes	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha estrutural dos boom stops, incapazes de conter a lança quando o ângulo crítico foi excedido. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Operação da lança acima dos limites seguros, gerando forças superiores às previstas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Deficiência de projeto do sistema de boom stops, aliada à ausência de controlo operacional rigoroso e de validação de engenharia durante a montagem. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Capacidade	Imediata: Falha estrutural dos boom stops, incapazes de conter a lança quando o ângulo crítico foi excedido; Contributiva: Operação da lança acima dos limites seguros, gerando forças superiores às previstas; Raiz predominante: Deficiência de projeto do sistema de boom stops, aliada à ausência de controlo operacional rigoroso	Ramos antecedentes: ações inseguras [Operação da lança acima do ângulo máximo recomendado (~79–80° vs. limite de 75°); Continuação da operação apesar de comportamento anómalo do guincho]; condições inseguras [Boom stops subdimensionados para as cargas reais aplicadas; Sistema altamente sensível ao ângulo da lança]; desvios [Ausência de validação formal da sequência de montagem; Ensaios e verificações incompletas do sistema boom stop]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva na	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Deficiência de projeto do sistema de boom stops, aliada à ausência de controlo operacional rigoroso e de validação de engenharia durante a montagem.

			real dos boom stops cerca de 47% inferior à necessária; Efeito de alavanca extremo no ponto de retenção) e organizacionais (Inexistência de procedimento formal para operação acima de 75°; Comunicação insuficiente entre equipa de montagem e engenharia). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação…	e de validação de engenharia durante a montagem.	experiência operacional; Não reconhecimento do risco crítico associado ao ângulo de overhaul]; técnicos [Capacidade real dos boom stops cerca de 47% inferior à necessária; Efeito de alavanca extremo no ponto de retenção]; organizacionais [Inexistência de procedimento formal para operação acima de 75°; Comunicação insuficiente entre equipa de montagem e engenharia]. Convergência causal: Falha estrutural…	
9	2009_R_05	Colapso estrutural — queda de módulos de plataforma (mast climbing work platform). Módulos N1–N5 separaram-se e caíram do 11.º piso; dois trabalhadores caíram 11 andares até ao solo; um terceiro caiu até ao	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha dos parafusos de ligação do módulo N1 à unidade motorizada, após sobrecarga devido à ausência do parafuso de nivelamento no lado da rua. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Carregamento excessivo e assimétrico nos outriggers; utilização de parafusos inadequados; mastro com desalinhamento estrutural. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Projeto deficiente da plataforma com outriggers; má montagem; incumprimento de requisitos do fabricante; ausência de engenharia para as configurações utilizadas. 4.º Porquê: a	Imediata: Falha dos parafusos de ligação do módulo N1 à unidade motorizada, após sobrecarga devido à ausência do parafuso de nivelamento no lado da rua; Contributiva: Carregamento excessivo e assimétrico nos outriggers; utilização de parafusos inadequados; mastro com desalinhamento estrutural; Raiz predominante: Projeto deficiente da plataforma com outriggers; má montagem;	Ramos antecedentes: ações inseguras [Colocação excessiva de carga nos outriggers (até 7 pranchas de madeira e 5 trabalhadores); Carga de 15 a 20 baldes de argamassa nos extremos da plataforma sem distribuição uniforme]; condições inseguras [Ausência de parafuso de nivelamento (bottom leveling bolt) no lado da rua entre o módulo N1 e a unidade motorizada; Certos parafusos instalados com rosca total, violando o manual técnico (single shear)]; desvios [Manual técnico exigia parafusos novos a cada montagem — não cumprido.; Ligação entre módulos deveria ser em double	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Projeto deficiente da plataforma com outriggers; má montagem; incumprimento de requisitos do fabricante; ausência de engenharia para as configurações utilizadas.

		7.º piso antes de impacto	cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Parafuso do módulo N1 instalado com rosca na zona de corte, reduzindo 20% a resistência; Ausência de nivelamento no lado da rua causou duplicação da carga no parafuso do lado do edifício) e organizacionais (Falta de comunicação entre AMC (montagem) e GMI (utilização); Histórico…	incumprimento de requisitos do fabricante; ausência de engenharia para as configurações utilizadas	shear — instalada em single shear]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva no equipamento devido ao uso diário; Subestimação da sensibilidade da plataforma ao carregamento assimétrico]; técnicos [Parafuso do módulo N1 instalado com rosca na zona de corte, reduzindo 20% a resistência; Ausência de nivelamento no lado…	
10	18MA050	Queda em altura de camião de caixa basculante. A prancha deslizou quando o trabalhador a pisou ao subir para a caixa do camião; o trabalhador caiu para trás e bateu com a cabeça no asfalto	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Cedência/escorregamento de uma prancha, resultando em queda do trabalhador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Pranchas húmidas e não fixadas; ausência de equipamento adequado. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falta de procedimentos formais, ausência de rampas adequadas e inexistência de formação específica. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Pranchas sem extremidades antiderrapantes ou fixação; Camião com altura elevada de tailgate (~1,14 m)) e organizacionais (Inexistência de programa de segurança estruturado; Ausência de procedimentos formais para descarga de equipamentos). 5.º	Imediata: Cedência/escorregamento de uma prancha, resultando em queda do trabalhador; Contributiva: Pranchas húmidas e não fixadas; ausência de equipamento adequado; Raiz predominante: Falta de procedimentos formais, ausência de rampas adequadas e inexistência de formação específica	Ramos antecedentes: ações inseguras [Utilização de pranchas de madeira como rampas sem fixação; Descida para a caixa do camião com prancha instável]; condições inseguras [Pranchas húmidas e escorregadias; Ausência de rampas adequadas]; desvios [Não utilização de rampas construídas para esse efeito; Ausência de análise de risco para carregamento/descarga de equipamentos]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado às pranchas húmidas; Habituação a métodos improvisados]; técnicos [Pranchas sem extremidades antiderrapantes ou fixação; Camião com altura elevada de tailgate (~1,14 m)]; organizacionais [Inexistência de programa de segurança estruturado; Ausência de	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falta de procedimentos formais, ausência de rampas adequadas e inexistência de formação específica.

			Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		procedimentos formais para descarga de equipamentos]. Convergência causal: Cedência/escorregamento de uma prancha, resultando em queda do trabalhador -> Queda em altura de camião de caixa basculante.	
11	15NY032	Impacto por objeto (struck-by) — estaca metálica desprendida. A estaca caiu sobre um separador de betão (jersey barrier), deslizou ~10 m e atingiu a trabalhadora nas costas quando esta corria para se afastar	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Fratura da estaca no ponto de agarre da garra hidráulica, permitindo que a estaca caísse e deslizasse horizontalmente. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência da linha de segurança da grua, que teria impedido a queda descontrolada da estaca. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falta de formação específica, ausência de inspeção adequada da garra e incumprimento das recomendações do fabricante. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Parafusos da garra com torque insuficiente; Dentes da garra quebrados ou gastos, criando distribuição irregular da força) e organizacionais (Ausência de formação específica em operação de pile driving; Falta de inspeções documentadas da garra	Imediata: Fratura da estaca no ponto de agarre da garra hidráulica, permitindo que a estaca caísse e deslizasse horizontalmente; Contributiva: Ausência da linha de segurança da grua, que teria impedido a queda descontrolada da estaca; Raiz predominante: Falta de formação específica, ausência de inspeção adequada da garra e incumprimento das recomendações do fabricante	Ramos antecedentes: ações inseguras [execução da cravação com apenas a garra hidráulica, sem utilização de linha de segurança da grua para prender a estaca; Permanência da trabalhadora numa zona atravessada pela possível trajetória da estaca]; condições inseguras [Ausência de linha de segurança (safety line) entre estaca e guindaste; Garra hidráulica com pernos/bolts desapertados ou desgastados]; desvios [Operação de cravação iniciada sem inspecionar o torque dos parafusos da garra; Procedimento do fabricante não seguido para verificação da garra antes de cada utilização]. Fatores intermédios: humanos [Desconhecimento dos riscos associados ao vibratory pile driver; Subestimação da possibilidade de fratura da estaca]; técnicos [Parafusos da garra com torque insuficiente;	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falta de formação específica, ausência de inspeção adequada da garra e incumprimento das recomendações do fabricante.

			hidráulica). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do…		Dentes da garra quebrados ou gastos, criando distribuição irregular da força]; organizacionais [Ausência de formação…	
12	91-05_MA	Queda de altura a partir de cobertura plana. O trabalhador recuou enquanto aplicava betume quente e caiu da cobertura plana de um edifício de três pisos. Não existia qualquer sistema de proteção contra quedas nem programa de segurança implementado	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda da cobertura após o trabalhador recuar inadvertidamente para além da borda. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Execução de trabalho em altura sem proteção coletiva ou individual. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão de segurança: ausência de planeamento, de formação, de supervisão e de medidas de prevenção de quedas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Cobertura plana sem proteção perimetral; Inexistência de sistema de aviso visual) e organizacionais (Inexistência de programa formal de segurança; Ausência de formação estruturada em prevenção de quedas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Queda da cobertura após o trabalhador recuar inadvertidamente para além da borda; Contributiva: Execução de trabalho em altura sem proteção coletiva ou individual; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão de segurança: ausência de planeamento, de formação, de supervisão e de medidas de prevenção de quedas	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho próximo à borda sem proteção coletiva; Movimentação em recuo sem referência visual da borda]; condições inseguras [Ausência de guarda-corpos ou linhas de aviso; Inexistência de sistema de proteção contra quedas]; desvios [Não cumprimento dos requisitos OSHA para trabalhos em cobertura; Ausência de sistema de proteção coletiva ou individual]. Fatores intermédios: humanos [Perda de perceção espacial durante a execução da tarefa; Confiança excessiva na rotina de trabalho]; técnicos [Cobertura plana sem proteção perimetral; Inexistência de sistema de aviso visual]; organizacionais [Inexistência de programa formal de segurança; Ausência de formação estruturada em prevenção de quedas]. Convergência causal: Queda da cobertura após o trabalhador recuar inadvertidamente para além da borda -> Queda de altura a partir de cobertura plana.	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão de segurança: ausência de planeamento, de formação, de supervisão e de medidas de prevenção de quedas.

13	90NJ017	Queda de altura a partir de cobertura. O trabalhador recuava com um carrinho de mão carregado de entulho quando tropeçou ou perdeu o equilíbrio próximo a um tubo de ventilação, caindo da cobertura para um beco lateral. Não existia qualquer sistema de proteção contra quedas	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda da cobertura após tropeço ou perda de equilíbrio durante o recuo com carrinho de mão. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Execução de trabalho em cobertura inclinada sem proteção coletiva ou individual. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão de segurança: ausência de planeamento, de avaliação de riscos, de formação e de medidas de prevenção de quedas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Cobertura inclinada sem proteção perimetral",; "Obstáculos fixos não protegidos",) e organizacionais (Não implementação de medidas de proteção coletiva; Ausência de exigência de EPI). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Queda da cobertura após tropeço ou perda de equilíbrio durante o recuo com carrinho de mão; Contributiva: Execução de trabalho em cobertura inclinada sem proteção coletiva ou individual; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão de segurança: ausência de planeamento, de avaliação de riscos, de formação e de medidas de prevenção de quedas	Ramos antecedentes: ações inseguras [Movimentação de carrinho de mão próximo à borda da cobertura; Recuo sem referência visual da borda]; condições inseguras [Ausência de guarda-corpos ou plataformas de retenção; Inexistência de sistema pessoal de proteção contra quedas]; desvios [Não cumprimento dos requisitos OSHA para proteção em coberturas; Ausência de avaliação prévia de riscos]. Fatores intermédios: humanos [Perda de equilíbrio durante movimentação manual de carga; Limitação da perceção espacial ao recuar]; técnicos [Cobertura inclinada sem proteção perimetral",; "Obstáculos fixos não protegidos",]; organizacionais [Não implementação de medidas de proteção coletiva; Ausência de exigência de EPI]. Convergência causal: Queda da cobertura após tropeço ou perda de equilíbrio durante o recuo com carrinho de mão -> Queda de altura a partir de cobertura.	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão de segurança: ausência de planeamento, de avaliação de riscos, de formação e de medidas de prevenção de quedas.
14	AK-91-53	Queda de altura a partir de cobertura	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda da borda da cobertura durante	Imediata: Queda da borda da cobertura durante execução	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho isolado em cobertura sem proteção	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os

		inclinada. O trabalhador tinha autorização médica apenas para coberturas planas, mas executava trabalho em cobertura inclinada. Não utilizava qualquer sistema de proteção contra quedas	execução de trabalho de manutenção. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Execução de trabalho em altura sem proteção e incompatível com restrições médicas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão: ausência de avaliação integrada de riscos, de aptidão médica, de planeamento e de medidas de prevenção de quedas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Cobertura inclinada sem meios de ancoragem; Inexistência de sistemas de retenção ou aviso) e organizacionais (Falha na gestão de aptidão médica para a função; Interpretação incorreta da autorização médica). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	de trabalho de manutenção; Contributiva: Execução de trabalho em altura sem proteção e incompatível com restrições médicas; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão: ausência de avaliação integrada de riscos, de aptidão médica, de planeamento e de medidas de prevenção de quedas	contra quedas; Execução da tarefa próximo à borda da cobertura]; condições inseguras [Ausência de qualquer sistema de proteção contra quedas; Cobertura inclinada sem linhas de aviso ou guarda-corpos]; desvios [Não cumprimento dos requisitos legais de proteção contra quedas; Trabalhador alocado a tarefa incompatível com restrições médicas]. Fatores intermédios: humanos [Trabalhador com histórico clínico de epilepsia; Possível limitação funcional não considerada na tarefa]; técnicos [Cobertura inclinada sem meios de ancoragem; Inexistência de sistemas de retenção ou aviso]; organizacionais [Falha na gestão de aptidão médica para a função; Interpretação incorreta da autorização médica]. Convergência causal: Queda da borda da cobertura durante execução de trabalho de manutenção -> Queda de altura a partir de…	níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão: ausência de avaliação integrada de riscos, de aptidão médica, de planeamento e de medidas de prevenção de quedas.
15	13MI020	Queda de altura por colapso de superfície não resistente. O trabalhador saiu da área protegida para	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Rutura do isolamento rígido em balanço quando o trabalhador nele se apoiou. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Execução de trabalho fora da linha de aviso sem utilização de sistema de retenção. 3.º	Imediata: Rutura do isolamento rígido em balanço quando o trabalhador nele se apoiou; Contributiva: Execução de trabalho fora da linha de aviso sem utilização	Ramos antecedentes: ações inseguras [Entrada na zona externa à linha de aviso sem sistema de retenção; Execução da tarefa sem arnês apesar de disponível]; condições inseguras [Isolamento em balanço sem resistência estrutural; Ausência de parapeito	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha

		concluir o corte final do isolamento e apoiou-se inadvertidamente numa secção em balanço, que não tinha capacidade estrutural	Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão: controlo ineficaz do sistema de aviso, acumulação de funções críticas e dependência excessiva do comportamento humano. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Material de isolamento incapaz de suportar carga humana; Cobertura sem parapeito) e organizacionais (Designação de monitor de segurança com funções operacionais; Fiscalização insuficiente do cumprimento das regras). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	de sistema de retenção; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão: controlo ineficaz do sistema de aviso, acumulação de funções críticas e dependência excessiva do comportamento humano	ou guarda-corpos]; desvios [Não cumprimento do requisito de 100% proteção fora da linha de aviso; Acumulação de funções pelo monitor de segurança]. Fatores intermédios: humanos [Erro de perceção quanto à resistência do isolamento; Ação automática para concluir tarefa pendente]; técnicos [Material de isolamento incapaz de suportar carga humana; Cobertura sem parapeito]; organizacionais [Designação de monitor de segurança com funções operacionais; Fiscalização insuficiente do cumprimento das regras]. Convergência causal: Rutura do isolamento rígido em balanço quando o trabalhador nele se apoiou -> Queda de altura por colapso de superfície não…	sistémica de gestão: controlo ineficaz do sistema de aviso, acumulação de funções críticas e dependência excessiva do comportamento humano.
16	08KY007	Queda de altura a partir de plataforma elevatória. O trabalhador, que era encarregado da equipa, não estava amarrado à plataforma no	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador da plataforma elevatória durante a subida. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Não utilização de sistema pessoal de retenção numa plataforma móvel. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão: dependência excessiva do	Imediata: Queda do trabalhador da plataforma elevatória durante a subida; Contributiva: Não utilização de sistema pessoal de retenção numa plataforma móvel; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão:	Ramos antecedentes: ações inseguras [Utilização da plataforma sem estar amarrado; Transporte manual de material sem retenção]; condições inseguras [Ausência de ligação do arnês à estrutura da plataforma; Possível abertura do portão de acesso]; desvios [Não utilização obrigatória de sistema pessoal de retenção; Falta de	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão: dependência excessiva do comportamento

		momento da subida. O equipamento foi reutilizado após o acidente sem bloqueio imediato	comportamento individual, aplicação inconsistente das regras de segurança e ausência de barreiras físicas que impeçam a queda. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Plataforma dependente de comportamento seguro do utilizador; Sistema de retenção não automático) e organizacionais (Aplicação inconsistente das regras de uso de EPI; Falha no reforço disciplinar do uso de retenção). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	dependência excessiva do comportamento individual, aplicação inconsistente das regras de segurança e ausência de barreiras físicas que impeçam a queda	verificação operacional imediata antes do uso]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva devido à experiência; Subestimação do risco em altura reduzida]; técnicos [Plataforma dependente de comportamento seguro do utilizador; Sistema de retenção não automático]; organizacionais [Aplicação inconsistente das regras de uso de EPI; Falha no reforço disciplinar do uso de retenção]. Convergência causal: Queda do trabalhador da plataforma elevatória durante a subida -> Queda de altura a partir de plataforma elevatória.	individual, aplicação inconsistente das regras de segurança e ausência de barreiras físicas que impeçam a queda.
17	2000-23_PA	Queda de altura em poço de elevador não protegido. O trabalhador de 16 anos caiu no interior de um poço de elevador aberto enquanto realizava tarefas de limpeza. A abertura permanecia totalmente desprotegida	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador para o interior do poço de elevador não protegido. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Execução de atividades junto a abertura vertical sem proteção coletiva. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica grave de gestão: ausência total de planeamento de segurança, incumprimento legal (trabalho infantil), falta de supervisão e inexistência de medidas de proteção contra quedas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Abertura	Imediata: Queda do trabalhador para o interior do poço de elevador não protegido; Contributiva: Execução de atividades junto a abertura vertical sem proteção coletiva; Raiz predominante: Falha sistémica grave de gestão: ausência total de planeamento de segurança, incumprimento legal (trabalho infantil), falta de supervisão e inexistência	Ramos antecedentes: ações inseguras [Circulação de trabalhadores junto a abertura vertical sem proteção; Execução de tarefas por menor em zona de risco elevado]; condições inseguras [Poço de elevador sem guarda-corpos ou cobertura; Ausência de qualquer sistema de proteção contra quedas]; desvios [Não proteção de aberturas conforme OSHA; Ausência de análise de riscos]. Fatores intermédios: humanos [Jovem trabalhador com experiência limitada; Baixa perceção do risco associado a aberturas verticais]; técnicos [Abertura vertical sem	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica grave de gestão: ausência total de planeamento de segurança, incumprimento legal (trabalho infantil), falta de supervisão e inexistência de medidas de proteção contra quedas.

		durante toda a jornada	vertical sem qualquer barreira física; Ausência de sinalização de perigo) e organizacionais (Violação da legislação de trabalho infantil; Empresa sem programa escrito de segurança). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	de medidas de proteção contra quedas	qualquer barreira física; Ausência de sinalização de perigo]; organizacionais [Violação da legislação de trabalho infantil; Empresa sem programa escrito de segurança]. Convergência causal: Queda do trabalhador para o interior do poço de elevador não protegido -> Queda de altura em poço de elevador não protegido.	
18	2000-16_AL	Queda de altura a partir de estrutura em construção. O trabalhador de 16 anos caiu do terceiro piso enquanto apoiava-se numa viga estreita durante a colocação de treliças. Não existia qualquer sistema de proteção contra quedas	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador da estrutura durante a movimentação de treliça. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Execução de trabalho em altura sem qualquer sistema de proteção contra quedas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica grave de gestão: ausência de planeamento de segurança, cadeia de subcontratação sem controlo, falta de formação e violação da legislação de trabalho infantil. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Estrutura provisória sem plataformas de trabalho; Ausência de linhas de vida ou pontos de ancoragem) e organizacionais (Cadeia de subcontratação sem controlo eficaz; Programa de segurança inexistente	Imediata: Queda do trabalhador da estrutura durante a movimentação de treliça; Contributiva: Execução de trabalho em altura sem qualquer sistema de proteção contra quedas; Raiz predominante: Falha sistémica grave de gestão: ausência de planeamento de segurança, cadeia de subcontratação sem controlo, falta de formação e violação da legislação de trabalho infantil	Ramos antecedentes: ações inseguras [Execução de trabalho em altura sem proteção contra quedas; Circulação sobre viga estreita]; condições inseguras [Ausência de guarda-corpos ou plataformas de trabalho; Inexistência de sistemas pessoais de retenção]; desvios [Não implementação de proteção coletiva; Ausência de análise prévia de riscos]. Fatores intermédios: humanos [Trabalhador jovem com experiência limitada; Baixa perceção do risco estrutural]; técnicos [Estrutura provisória sem plataformas de trabalho; Ausência de linhas de vida ou pontos de ancoragem]; organizacionais [Cadeia de subcontratação sem controlo eficaz; Programa de segurança inexistente ou ineficaz]. Convergência	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica grave de gestão: ausência de planeamento de segurança, cadeia de subcontratação sem controlo, falta de formação e violação da legislação de trabalho infantil.

			ou ineficaz). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		causal: Queda do trabalhador da estrutura durante a movimentação de treliça -> Queda de altura a partir de estrutura em construção.	
19	71-158-2017_WA	Queda de altura a partir de forma suspensa. O trabalhador estava ancorado abaixo do nível recomendado e a mais de 6 m do ponto de ancoragem. O cabo do lanyard passou sobre uma aresta metálica e foi cortado durante a queda	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Rutura do cabo do lanyard retrátil após contacto com aresta metálica durante a queda. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ancoragem incorreta e uso do EPI fora dos limites definidos pelo fabricante. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão e engenharia: planeamento inadequado para situações não previstas, confiança excessiva no EPI e ausência de barreiras de engenharia que eliminassem o risco de queda. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Uso inadequado de lanyard retrátil (ângulo e altura); Falha do cabo ao deslizar sobre aresta metálica) e organizacionais (Dependência excessiva do EPI como última barreira; Falta de procedimento claro para reavaliação de risco em mudanças não planeadas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no	Imediata: Rutura do cabo do lanyard retrátil após contacto com aresta metálica durante a queda; Contributiva: Ancoragem incorreta e uso do EPI fora dos limites definidos pelo fabricante; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: planeamento inadequado para situações não previstas, confiança excessiva no EPI e ausência de barreiras de engenharia que eliminassem o risco de queda	Ramos antecedentes: ações inseguras [Ancoragem abaixo do nível dos pés do trabalhador; Uso de lanyard retrátil acima da altura recomendada]; condições inseguras [Cabo do lanyard em contacto com aresta metálica viva; Trabalho a mais de 6 m acima do ponto de ancoragem]; desvios [Não cumprimento das instruções do fabricante do lanyard",; "Não revisão da JSA após alteração do método de trabalho",]. Fatores intermédios: humanos [Decisão operacional sob pressão para resolver problema imediato; Confiança excessiva na eficácia do EPI]; técnicos [Uso inadequado de lanyard retrátil (ângulo e altura); Falha do cabo ao deslizar sobre aresta metálica]; organizacionais [Dependência excessiva do EPI como última barreira; Falta de procedimento claro para reavaliação de risco em mudanças não planeadas]. Convergência causal: Rutura do cabo do lanyard retrátil após contacto com aresta metálica durante a…	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: planeamento inadequado para situações não previstas, confiança excessiva no EPI e ausência de barreiras de engenharia que eliminassem o risco de queda.

			nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem…			
20	2021-r-02_FL	Colapso estrutural parcial durante montagem. O relatório técnico concluiu que as paredes portantes não causaram o colapso. As treliças eram estruturalmente adequadas no estado final, mas instáveis durante a montagem	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a olapso das treliças devido à instabilidade lateral durante a montagem. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de bracing temporário adequado para treliças de grande vão. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de projeto de estabilidade temporária por engenheiro, não cumprimento das orientações técnicas e fraca coordenação entre as partes. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Flambagem fora do plano das treliças; Bracing temporário insuficiente em topo, base e diagonais) e organizacionais (Falha na gestão de interfaces entre projetista, fabricante e montador; Responsabilidades de segurança mal definidas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: olapso das treliças devido à instabilidade lateral durante a montagem; Contributiva: Ausência de bracing temporário adequado para treliças de grande vão; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de projeto de estabilidade temporária por engenheiro, não cumprimento das orientações técnicas e fraca coordenação entre as partes	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuação da montagem com treliças instáveis; Utilização das treliças como pontos de apoio sem validação estrutural]; condições inseguras [Ausência de bracing temporário conforme BCSI; Treliças com vão superior a 18,3 m sem projeto por engenheiro]; desvios [Não contratação de engenheiro para projeto de bracing temporário; Não cumprimento das orientações do fabricante (BCSI)]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva em práticas correntes; Subestimação do risco durante fase transitória]; técnicos [Flambagem fora do plano das treliças; Bracing temporário insuficiente em topo, base e diagonais]; organizacionais [Falha na gestão de interfaces entre projetista, fabricante e montador; Responsabilidades de segurança mal definidas]. Convergência causal: olapso das treliças devido à instabilidade lateral durante a montagem -> Colapso estrutural…	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de projeto de estabilidade temporária por engenheiro, não cumprimento das orientações técnicas e fraca coordenação entre as partes.

21	08MI0015	Queda em abertura vertical não protegida. A abertura tinha sido criada e modificada por diferentes empreiteiros. A cobertura metálica foi colocada solta e não identificada como perigo. A vítima usava arnês, mas não estava ligada a qualquer ponto de ancoragem	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador através de abertura em cobertura após deslocação de elemento metálico. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Abertura não protegida nem sinalizada em cobertura partilhada. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão: inexistência de controlo de aberturas, coordenação deficiente entre empreiteiros, ausência de análise de riscos e dependência excessiva do comportamento individual. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Abertura vertical sem proteção física; Cobertura metálica não concebida como elemento de segurança) e organizacionais (Falha grave de coordenação em estaleiro multi-empregador; Ausência de sistema eficaz de gestão de aberturas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Queda do trabalhador através de abertura em cobertura após deslocação de elemento metálico; Contributiva: Abertura não protegida nem sinalizada em cobertura partilhada; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão: inexistência de controlo de aberturas, coordenação deficiente entre empreiteiros, ausência de análise de riscos e dependência excessiva do comportamento individual	Ramos antecedentes: ações inseguras [Movimentação de cobertura metálica sem verificação prévia; Trabalho em cobertura sem estar amarrado]; condições inseguras [Abertura vertical sem guarda-corpos ou cobertura resistente; Cobertura metálica colocada solta sobre a abertura]; desvios [Não proteção de aberturas conforme MIOSHA; Ausência de avaliação diária de riscos]. Fatores intermédios: humanos [Desconhecimento da existência da abertura; Confiança na estabilidade da cobertura metálica]; técnicos [Abertura vertical sem proteção física; Cobertura metálica não concebida como elemento de segurança]; organizacionais [Falha grave de coordenação em estaleiro multi-empregador; Ausência de sistema eficaz de gestão de aberturas]. Convergência causal: Queda do trabalhador através de abertura em cobertura após deslocação de elemento metálico -> Queda em abertura vertical não protegida.	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão: inexistência de controlo de aberturas, coordenação deficiente entre empreiteiros, ausência de análise de riscos e dependência excessiva do comportamento individual.
22	cdc_16938_WI	Queda de altura a partir de andaime improvisado. O andaime foi	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso do andaime improvisado durante a elevação de um balde de argamassa. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por	Imediata: Colapso do andaime improvisado durante a elevação de um balde de argamassa; Contributiva:	Ramos antecedentes: ações inseguras [Construção e utilização de andaime improvisado; Elevação de carga através de sistema de roldana improvisado]; condições	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos

		construído com escadas de extensão utilizadas na horizontal, apoiadas em armações metálicas e varões dobrados. A aplicação de força no sistema de roldana precipitou o colapso	Utilização de equipamentos não projetados como plataforma de trabalho. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão e engenharia: improvisação de meios de acesso e trabalho, ausência de planeamento, de avaliação de riscos e de utilização de equipamentos certificados. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Andaime não projetado para cargas verticais e dinâmicas; Falha estrutural após aplicação de força adicional no sistema) e organizacionais (Trabalho autónomo sem controlo técnico; Ausência de planeamento da tarefa). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Utilização de equipamentos não projetados como plataforma de trabalho; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: improvisação de meios de acesso e trabalho, ausência de planeamento, de avaliação de riscos e de utilização de equipamentos certificados	inseguras [Utilização de escadas como plataforma horizontal; Ausência de cálculo estrutural e de certificação]; desvios [Uso de equipamentos fora da finalidade de projeto; Não utilização de andaime certificado]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva na solução improvisada; Subestimação do risco associado à plataforma]; técnicos [Andaime não projetado para cargas verticais e dinâmicas; Falha estrutural após aplicação de força adicional no sistema]; organizacionais [Trabalho autónomo sem controlo técnico; Ausência de planeamento da tarefa]. Convergência causal: Colapso do andaime improvisado durante a elevação de um balde de argamassa -> Queda de altura a partir de andaime improvisado.	antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: improvisação de meios de acesso e trabalho, ausência de planeamento, de avaliação de riscos e de utilização de equipamentos certificados.
23	cdc_16_6821_IA	Queda de altura em abertura vertical parcialmente coberta. A cobertura em plástico era destinada apenas à cura do betão, mas	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador através de cobertura plástica para o interior do poço. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Circulação junto a abertura vertical sem qualquer proteção coletiva eficaz. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de	Imediata: Queda do trabalhador através de cobertura plástica para o interior do poço; Contributiva: Circulação junto a abertura vertical sem qualquer proteção coletiva	Ramos antecedentes: ações inseguras [Circulação junto a abertura sem proteção; Apoio manual em cobertura não resistente]; condições inseguras [Abertura vertical sem guarda-corpos; Cobertura provisória em plástico criando falsa sensação de segurança]; desvios [Não proteção de	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão e

		criava a aparência de superfície segura. Após o acidente, foram instalados guarda-corpos e placas de madeira.	gestão e engenharia: inexistência de barreiras físicas adequadas, dependência de soluções provisórias e ausência de planeamento para circulação segura. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Cobertura não concebida como elemento resistente; Inexistência de guarda-corpos ou cobertura estrutural) e organizacionais (Aceitação de solução provisória como controlo de risco; Ausência de política formal para trabalho em torno de poços). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	eficaz.; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: inexistência de barreiras físicas adequadas, dependência de soluções provisórias e ausência de planeamento para circulação segura	abertura conforme requisitos OSHA; Ausência de zona de exclusão]. Fatores intermédios: humanos [Falsa perceção de segurança devido à cobertura plástica opaca; Tentativa de recuperar objeto caído ou manter equilíbrio]; técnicos [Cobertura não concebida como elemento resistente; Inexistência de guarda-corpos ou cobertura estrutural]; organizacionais [Aceitação de solução provisória como controlo de risco; Ausência de política formal para trabalho em torno de poços]. Convergência causal: Queda do trabalhador através de cobertura plástica para o interior do poço -> Queda de altura em abertura vertical parcialmente…	engenharia: inexistência de barreiras físicas adequadas, dependência de soluções provisórias e ausência de planeamento para circulação segura.
24	22KY046	Queda de altura através de superfície frágil. As claraboias não estavam protegidas nem sinalizadas. O trabalhador caiu diretamente através de uma delas durante a circulação na cobertura	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Rutura da claraboia quando o trabalhador se deslocava sobre a cobertura. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Trabalhos de demolição realizados sem proteção contra quedas e sem identificação de superfícies frágeis. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de planeamento específico para demolição, inexistência de barreiras físicas e	Imediata: Rutura da claraboia quando o trabalhador se deslocava sobre a cobertura; Contributiva: Trabalhos de demolição realizados sem proteção contra quedas e sem identificação de superfícies frágeis; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de planeamento específico para	Ramos antecedentes: ações inseguras [Circulação sobre cobertura sem identificação de claraboias; Execução de trabalhos de demolição sem proteção contra quedas]; condições inseguras [Claraboia sem proteção coletiva (guarda-corpo ou cobertura resistente); Ausência de sinalização de superfícies frágeis]; desvios [Não identificação prévia de superfícies frágeis; Ausência de análise de riscos específica para demolição]. Fatores intermédios: humanos	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de planeamento específico para demolição, inexistência de barreiras físicas e dependência

			dependência excessiva do comportamento humano. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Claraboia construída em material não resistente a cargas humanas; Inexistência de proteção física permanente) e organizacionais (Planeamento deficiente dos trabalhos de demolição; Ausência de procedimento específico para claraboias). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do…	demolição, inexistência de barreiras físicas e dependência excessiva do comportamento humano	[Erro de perceção quanto à resistência da claraboia; Confiança excessiva na aparência da superfície]; técnicos [Claraboia construída em material não resistente a cargas humanas; Inexistência de proteção física permanente]; organizacionais [Planeamento deficiente dos trabalhos de demolição; Ausência de procedimento específico para claraboias]. Convergência causal: Rutura da claraboia quando o trabalhador se deslocava sobre a cobertura -> Queda de…	excessiva do comportamento humano.
25	95-MA-041-01	Queda de altura associada a colapso parcial de andaime. Após o acidente, o empregador alterou o método de trabalho, passou a remover cintas manualmente, instalou linha de vida e melhorou a	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Tombamento do bloco de granito que rompeu as pranchas do andaime. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Remoção da cinta de elevação com auxílio da grua, provocando instabilidade do bloco. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão e engenharia: inexistência de análise de risco para cargas pesadas sobre andaimes, procedimentos inadequados e ausência de proteção redundante contra quedas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos	Imediata: Tombamento do bloco de granito que rompeu as pranchas do andaime; Contributiva: Remoção da cinta de elevação com auxílio da grua, provocando instabilidade do bloco; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: inexistência de análise de risco para cargas pesadas sobre andaimes, procedimentos inadequados e	Ramos antecedentes: ações inseguras [Remoção da cinta de elevação com auxílio da grua; Permanência de trabalhadores sobre o andaime durante remoção da cinta]; condições inseguras [Possibilidade de a cinta ficar presa sob o bloco; Andaime não dimensionado para impacto de carga pesada]; desvios [Remoção da cinta com grua em vez de manualmente; Ausência de análise de risco específica para tombamento de blocos]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva na estabilidade do bloco; Normalização de prática insegura (remoção	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: inexistência de análise de risco para cargas pesadas sobre andaimes, procedimentos inadequados e

		comunicação com o operador da grua	(Carga elevada com centro de gravidade variável; Cinta de elevação suscetível a encravamento) e organizacionais (Análise de riscos insuficiente para interação carga-andaime; Procedimentos não formalizados). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	ausência de proteção redundante contra quedas	da cinta com grua)]; técnicos [Carga elevada com centro de gravidade variável; Cinta de elevação suscetível a encravamento]; organizacionais [Análise de riscos insuficiente para interação carga-andaime; Procedimentos não formalizados]. Convergência causal: Tombamento do bloco de granito que rompeu as pranchas do andaime -> Queda de altura associada a colapso parcial…	ausência de proteção redundante contra quedas.
26	95-MA-043	Aprisionamento por partes móveis de máquina. A máquina permaneceu em funcionamento com correias e eixos ativos. O capuz da camisola do trabalhador ficou preso no eixo rotativo, impedindo a sua libertação	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Aprisionamento do trabalhador em eixo rotativo durante limpeza do britador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Limpeza realizada com a máquina em funcionamento parcial e sem proteções. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de LOTO, equipamento sem guardas, procedimentos informais e formação inadequada. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Equipamento antigo sem proteções modernas; Partes rotativas expostas) e organizacionais (Inexistência de programa formal de segurança; Formação insuficiente	Imediata: Aprisionamento do trabalhador em eixo rotativo durante limpeza do britador; Contributiva: Limpeza realizada com a máquina em funcionamento parcial e sem proteções; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de LOTO, equipamento sem guardas, procedimentos informais e formação inadequada	Ramos antecedentes: ações inseguras [Limpeza do britador com a máquina em funcionamento parcial; Introdução do corpo em zona de partes móveis]; condições inseguras [Ausência de guardas nas partes móveis; Inexistência de bloqueio/etiquetagem (LOTO)]; desvios [Não desligar completamente a máquina antes da limpeza; Não aplicar procedimento de bloqueio e etiquetagem]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva na experiência prévia; Subestimação do risco de aprisionamento]; técnicos [Equipamento antigo sem proteções modernas; Partes rotativas expostas]; organizacionais [Inexistência de programa formal de	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de LOTO, equipamento sem guardas, procedimentos informais e formação inadequada.

			em riscos de máquinas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		segurança; Formação insuficiente em riscos de máquinas]. Convergência causal: Aprisionamento do trabalhador em eixo rotativo durante limpeza do britador -> Aprisionamento por partes móveis de máquina.	
27	cdc_166888_WI	Esmagamento por equipamento pesado durante carregamento. O cinto de segurança foi encontrado solto após o acidente. A utilização correta do sistema ROPS com cinto poderia ter evitado o esmagamento	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Deslizamento lateral do bulldozer durante o carregamento, seguido de esmagamento do operador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Operação do equipamento sem cinto de segurança e sem observador externo. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de planeamento da tarefa, avaliação inadequada do local, inexistência de procedimentos formais e dependência excessiva da experiência individual. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Estabilidade lateral insuficiente durante a subida ao reboque; Rampas sem proteção lateral) e organizacionais (Falta de procedimento específico para carregamento de equipamentos; Ausência de exigência de	Imediata: Deslizamento lateral do bulldozer durante o carregamento, seguido de esmagamento do operador; Contributiva: Operação do equipamento sem cinto de segurança e sem observador externo; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de planeamento da tarefa, avaliação inadequada do local, inexistência de procedimentos formais e dependência excessiva da experiência individual	Ramos antecedentes: ações inseguras [Carregamento do bulldozer sem observador externo; Operação do equipamento sem utilização do cinto de segurança]; condições inseguras [Reboque estacionado em superfície inclinada; Rampas escorregadias devido à chuva]; desvios [Não avaliação prévia do terreno para carregamento; Não utilização do cinto de segurança]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva na experiência; Reação instintiva de saltar do equipamento]; técnicos [Estabilidade lateral insuficiente durante a subida ao reboque; Rampas sem proteção lateral]; organizacionais [Falta de procedimento específico para carregamento de equipamentos; Ausência de exigência de observador]. Convergência causal: Deslizamento lateral do bulldozer durante o	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: ausência de planeamento da tarefa, avaliação inadequada do local, inexistência de procedimentos formais e dependência excessiva da experiência individual.

			observador). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		carregamento, seguido de esmagamento do operador -> Esmagamento por equipamento pesado durante carregamento.	
28	71-231-2022_WA	Atropelamento por veículo em marcha-atrás. O camião possuía alarme de marcha-atrás funcional, porém não tinha câmara traseira. Não havia observador dedicado nem zona de exclusão durante a manobra	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Atropelamento do trabalhador por camião em marcha-atrás. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Perda de contacto visual e ausência de observador durante o recuo do veículo. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão e engenharia: inexistência de plano de tráfego em estaleiro, ausência de barreiras físicas e tecnológicas, e dependência excessiva do comportamento humano. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Limitações de visibilidade traseira do camião; Ausência de sistemas de deteção de proximidade) e organizacionais (Inexistência de plano de gestão de tráfego interno; Responsabilidades de segurança mal definidas em estaleiro multi-empregador). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Atropelamento do trabalhador por camião em marcha-atrás; Contributiva: Perda de contacto visual e ausência de observador durante o recuo do veículo; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: inexistência de plano de tráfego em estaleiro, ausência de barreiras físicas e tecnológicas, e dependência excessiva do comportamento humano	Ramos antecedentes: ações inseguras [Permanência do trabalhador na zona de marcha-atrás; Movimento do veículo sem observador dedicado]; condições inseguras [Ausência de câmara de visão traseira; Ausência de observador (spotter) durante marcha-atrás]; desvios [Não implementação de procedimento para marcha-atrás; Ausência de plano de tráfego no estaleiro]. Fatores intermédios: humanos [Perda de contacto visual entre motorista e trabalhador; Excesso de confiança devido à experiência]; técnicos [Limitações de visibilidade traseira do camião; Ausência de sistemas de deteção de proximidade]; organizacionais [Inexistência de plano de gestão de tráfego interno; Responsabilidades de segurança mal definidas em estaleiro multi-empregador]. Convergência causal: Atropelamento do trabalhador por camião em marcha-atrás -> Atropelamento por veículo em marcha-atrás.	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: inexistência de plano de tráfego em estaleiro, ausência de barreiras físicas e tecnológicas, e dependência excessiva do comportamento humano.

29	92WY010	Colisão rodoviária traseira (acidente de trabalho em deslocação). Não foram observadas marcas de travagem no local. O cinto de segurança encontrava-se disponível mas não estava a ser utilizado	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colisão traseira da viatura da empresa com camião-cisterna mais lento. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Falta de reação do condutor devido a fadiga e/ou distração. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão: ausência de política de segurança rodoviária, inexistência de controlo da fadiga, falta de procedimentos para deslocações em serviço e não imposição do uso do cinto de segurança. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Ausência de sistemas de alerta de colisão; Proteção passiva (cinto) não utilizada) e organizacionais (Inexistência de programa formal de segurança rodoviária; Autonomia excessiva na gestão do tempo de trabalho). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Colisão traseira da viatura da empresa com camião-cisterna mais lento; Contributiva: Falta de reação do condutor devido a fadiga e/ou distração; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão: ausência de política de segurança rodoviária, inexistência de controlo da fadiga, falta de procedimentos para deslocações em serviço e não imposição do uso do cinto de segurança	Ramos antecedentes: ações inseguras [Condução sob possível fadiga; Possível distração durante a condução]; condições inseguras [Viagem prolongada após períodos de trabalho noturno; Ausência de política formal de gestão da fadiga]; desvios [Não utilização do cinto de segurança; Não interrupção da condução apesar de sinais de fadiga]. Fatores intermédios: humanos [Fadiga acumulada; Distração cognitiva (documentos no interior do veículo)]; técnicos [Ausência de sistemas de alerta de colisão; Proteção passiva (cinto) não utilizada]; organizacionais [Inexistência de programa formal de segurança rodoviária; Autonomia excessiva na gestão do tempo de trabalho]. Convergência causal: Colisão traseira da viatura da empresa com camião-cisterna mais lento -> Colisão rodoviária traseira (acidente de trabalho em deslocação).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão: ausência de política de segurança rodoviária, inexistência de controlo da fadiga, falta de procedimentos para deslocações em serviço e não imposição do uso do cinto de segurança.
30	15NY032	Atingimento por carga suspensa	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda e deslizamento da estaca metálica	Imediata: Queda e deslizamento da estaca	Ramos antecedentes: ações inseguras [Cravação da estaca sem linha de segurança	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os

		(struck-by). O relatório conclui que o grampo não falhou; a estaca partiu na zona de aperto. A ausência de linha de segurança permitiu que a estaca caísse e atingisse a trabalhadora	após fratura durante a cravação. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de linha de segurança que mantivesse a estaca presa à grua. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão e engenharia: não cumprimento das instruções do fabricante, ausência de redundância na retenção da carga, utilização de equipa não treinada e inexistência de análise de riscos para a alteração do plano de obra. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Fratura da estaca na zona de aperto; Grampo hidráulico com desgaste e desalinhamento) e organizacionais (Alteração do plano de obra sem nova análise de riscos; Afetação de equipa não especializada). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	metálica após fratura durante a cravação; Contributiva: Ausência de linha de segurança que mantivesse a estaca presa à grua; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: não cumprimento das instruções do fabricante, ausência de redundância na retenção da carga, utilização de equipa não treinada e inexistência de análise de riscos para a alteração do plano de obra	ligada à grua; Permanência de trabalhadores dentro da zona de queda potencial]; condições inseguras [Estaca não segurada por linha auxiliar da grua; Apenas um cabo de elevação ativo]; desvios [Não utilização da linha de segurança exigida pelo fabricante; Não verificação do torque dos parafusos do grampo]. Fatores intermédios: humanos [Trabalhadora posicionada em zona de risco elevado; Reação tardia à falha da estaca]; técnicos [Fratura da estaca na zona de aperto; Grampo hidráulico com desgaste e desalinhamento]; organizacionais [Alteração do plano de obra sem nova análise de riscos; Afetação de equipa não especializada]. Convergência causal: Queda e deslizamento da estaca metálica após fratura durante a cravação -> Atingimento por carga suspensa (struck-by).	níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão e engenharia: não cumprimento das instruções do fabricante, ausência de redundância na retenção da carga, utilização de equipa não treinada e inexistência de análise de riscos para a alteração do plano de obra.
31	13NY0 80	Colapso estrutural de cofragem durante betonagem. Houve sinais prévios de movimentação e	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso da cofragem durante a betonagem dos contrafortes. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Execução de betonagem com cofragem construída fora das	Imediata: Colapso da cofragem durante a betonagem dos contrafortes; Contributiva: Execução de betonagem com cofragem	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuação da betonagem após sinais de movimentação da cofragem; Execução de betonagem sem presença de pessoa competente]; condições inseguras [Cofragem	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na

		ruído na cofragem. A betonagem prosseguiu sem avaliação técnica adequada	especificações de projeto. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: alterações não aprovadas ao projeto, ausência de mecanismos de controlo de cargas, inexistência de inspeção e de pessoa competente durante a betonagem. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Cofragem sem capacidade para resistir a pressões hidrostáticas e forças de flutuação; Sistema de ancoragem subdimensionado (~17% da capacidade projetada)) e organizacionais (Falha grave de governação do projeto; Ausência de procedimento formal para alterações ao projeto). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem…	construída fora das especificações de projeto; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: alterações não aprovadas ao projeto, ausência de mecanismos de controlo de cargas, inexistência de inspeção e de pessoa competente durante a betonagem	construída em desacordo com o projeto; Sistema de ancoragem com capacidade muito inferior à especificada]; desvios [Substituição de ancoragens adesivas por mecânicas sem aprovação do projetista; Não instalação de escoras e hold-down brackets]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado à betonagem; Confiança excessiva em correções improvisadas]; técnicos [Cofragem sem capacidade para resistir a pressões hidrostáticas e forças de flutuação; Sistema de ancoragem subdimensionado (~17% da capacidade projetada)]; organizacionais [Falha grave de governação do projeto; Ausência de procedimento formal para alterações ao projeto]. Convergência causal: Colapso da cofragem durante a…	causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: alterações não aprovadas ao projeto, ausência de mecanismos de controlo de cargas, inexistência de inspeção e de pessoa competente durante a betonagem.
32	92WY011	Capotamento de empilhador. O empilhador estava a ser conduzido pelo filho menor do supervisor no	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Capotamento lateral do empilhador em terreno inclinado. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Operação do empilhador por pessoa não autorizada e tentativa de conter o equipamento. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de	Imediata: Capotamento lateral do empilhador em terreno inclinado; Contributiva: Operação do empilhador por pessoa não autorizada e tentativa de conter o equipamento; Raiz	Ramos antecedentes: ações inseguras [Permitir que pessoa não autorizada e menor de idade conduzisse o empilhador; Transporte de duas pessoas no empilhador]; condições inseguras [Operação de empilhador em rampa acentuada; Ausência de controlo de acesso ao equipamento];	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão e cultura de

		momento do acidente	gestão e cultura de segurança: inexistência de controlo operacional, tolerância a desvios e ausência de disciplina no uso de equipamentos. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Estabilidade limitada do empilhador em rampas; Centro de gravidade elevado durante manobra em curva) e organizacionais (Ausência de política formal de controlo de equipamentos; Falha de liderança em segurança). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	predominante: Falha sistémica de gestão e cultura de segurança: inexistência de controlo operacional, tolerância a desvios e ausência de disciplina no uso de equipamentos	desvios [Operação por pessoa não treinada; Violação das regras básicas de operação de empilhadores]. Fatores intermédios: humanos [Excesso de confiança; Comportamento paternal interferindo com a segurança]; técnicos [Estabilidade limitada do empilhador em rampas; Centro de gravidade elevado durante manobra em curva]; organizacionais [Ausência de política formal de controlo de equipamentos; Falha de liderança em segurança]. Convergência causal: Capotamento lateral do empilhador em terreno inclinado -> Capotamento de empilhador.	segurança: inexistência de controlo operacional, tolerância a desvios e ausência de disciplina no uso de equipamentos.
33	93WY010	Trabalhador atingido por carga suspensa. A carga foi reposicionada e novamente elevada após problemas iniciais, sem correção adequada das condições inseguras	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Rutura da cinta de elevação e queda da carga suspensa. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Contacto da cinta com arestas cortantes da carga durante a elevação. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de planeamento e controlo operacional: inexistência de análise de risco, utilização de acessórios inadequados e ausência de procedimentos seguros para elevação de cargas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos	Imediata: Rutura da cinta de elevação e queda da carga suspensa; Contributiva: Contacto da cinta com arestas cortantes da carga durante a elevação; Raiz predominante: Falha sistémica de planeamento e controlo operacional: inexistência de análise de risco, utilização de acessórios inadequados e ausência de procedimentos	Ramos antecedentes: ações inseguras [ermanência de trabalhador sob carga suspensa; Tentativa de guiar manualmente carga instável]; condições inseguras [Cintas de elevação em contacto direto com arestas vivas; Carga instável e mal equilibrada]; desvios [Não realização de análise de risco antes da elevação; Utilização de acessórios de elevação inadequados]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado a cargas suspensas; Confiança excessiva na integridade das	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de planeamento e controlo operacional: inexistência de análise de risco, utilização de acessórios inadequados e ausência de

			(Cintas de nylon vulneráveis a corte por arestas vivas; Ausência de dispositivos de proteção das cintas) e organizacionais (Subestimação do risco associado a cargas suspensas; Confiança excessiva na integridade das cintas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	seguros para elevação de cargas	cintas]; técnicos [Cintas de nylon vulneráveis a corte por arestas vivas; Ausência de dispositivos de proteção das cintas]; organizacionais [Subestimação do risco associado a cargas suspensas; Confiança excessiva na integridade das cintas]. Convergência causal: Rutura da cinta de elevação e queda da carga suspensa -> Trabalhador atingido por carga suspensa.	procedimentos seguros para elevação de cargas.
34	2012_r_04	Colapso estrutural durante montagem. A investigação concluiu que o colapso era totalmente evitável se os procedimentos do fabricante e os requisitos de estabilidade temporária tivessem sido cumpridos	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso da estrutura metálica durante a fase de montagem. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de contraventamento temporário e permanente conforme especificado pelo fabricante. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: não cumprimento dos procedimentos de montagem, ausência de controlo de estabilidade estrutural e inexistência de pessoa competente durante a ereção. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Falta de contraventamento levando a flambagem lateral-torcional) e organizacionais (Falha de coordenação	Imediata: Colapso da estrutura metálica durante a fase de montagem; Contributiva: Ausência de contraventamento temporário e permanente conforme especificado pelo fabricante; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: não cumprimento dos procedimentos de montagem, ausência de controlo de estabilidade estrutural e inexistência de pessoa competente durante a ereção	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuação da montagem sem instalação de contraventamentos obrigatórios; Ereção de pórticos sem garantir estabilidade temporária]; condições inseguras [Ausência de contraventamento temporário e permanente; Purlins e elementos estruturais não fixados]; desvios [Não cumprimento das instruções de montagem do fabricante; Omissão de elementos de contraventamento previstos em projeto]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco estrutural durante a montagem; Confiança excessiva na estabilidade provisória]; técnicos [Falta de contraventamento levando a flambagem lateral-torcional]; organizacionais [Falha de	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: não cumprimento dos procedimentos de montagem, ausência de controlo de estabilidade estrutural e inexistência de pessoa competente durante a ereção.

			entre projetista, fabricante e montador; Ausência de planeamento detalhado da sequência de ereção). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		coordenação entre projetista, fabricante e montador; Ausência de planeamento detalhado da sequência de ereção]. Convergência causal: Colapso da estrutura metálica durante a fase de montagem -> Colapso estrutural durante montagem.	
35	2012_R_05	Colapso parcial de edifício em construção. Trabalhadores relataram vibrações e movimentos da estrutura antes do colapso, sem que a betonagem fosse suspensa	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso parcial do edifício durante a betonagem dos pisos intermédios. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Instabilidade da estrutura causada por ausência de contraventamento e ligações inadequadas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: alterações não aprovadas ao projeto, inexistência de planeamento de estabilidade durante a construção e ausência de controlo técnico competente. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Estrutura sem capacidade de resistir a cargas laterais durante a construção; Conexões estruturais com rigidez insuficiente) e organizacionais (Falha grave de governação da obra; Ausência de planeamento da sequência construtiva). 5.º Porquê: o aprofundamento	Imediata: Colapso parcial do edifício durante a betonagem dos pisos intermédios; Contributiva: Instabilidade da estrutura causada por ausência de contraventamento e ligações inadequadas; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: alterações não aprovadas ao projeto, inexistência de planeamento de estabilidade durante a construção e ausência de controlo técnico competente	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuação da betonagem apesar de sinais de vibração e instabilidade; Execução simultânea de atividades em vários pisos instáveis]; condições inseguras [Ausência de contraventamento temporário e permanente; Ligações estruturais com comportamento articulado (hinged)]; desvios [Alterações ao projeto estrutural sem aprovação do engenheiro; Não preparação de shop drawings]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco estrutural; Confiança excessiva na estabilidade provisória]; técnicos [Estrutura sem capacidade de resistir a cargas laterais durante a construção; Conexões estruturais com rigidez insuficiente]; organizacionais [Falha grave de governação da obra; Ausência de planeamento da sequência construtiva]. Convergência causal: Colapso parcial do	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: alterações não aprovadas ao projeto, inexistência de planeamento de estabilidade durante a construção e ausência de controlo técnico competente.

			terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		edifício durante a betonagem dos pisos intermédios -> Colapso parcial de edifício em construção.	
36	2012_r_03	Colapso parcial de edifício durante demolição. Uma fissura significativa desenvolveu-se após um corte anterior e permaneceu visível antes do colapso final, sem que os trabalhos fossem suspensos	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso parcial do segundo piso durante o corte de vigas principais. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Sobrecarga das emendas estruturais após corte incorreto das vigas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: demolição planeada sem conhecimento da estrutura real, ausência de análise estrutural, ignorância de sinais de falha e inexistência de controlo técnico competente. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Ligações por emenda do tipo articulado (hinge); Capacidade insuficiente das emendas para esforços de flexão induzidos) e organizacionais (Falha grave de planeamento da demolição; Consultoria técnica baseada em informação incompleta). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo	Imediata: Colapso parcial do segundo piso durante o corte de vigas principais; Contributiva: Sobrecarga das emendas estruturais após corte incorreto das vigas; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: demolição planeada sem conhecimento da estrutura real, ausência de análise estrutural, ignorância de sinais de falha e inexistência de controlo técnico competente	Ramos antecedentes: ações inseguras [Corte de vigas principais sem conhecimento das emendas estruturais; Continuação da demolição após aparecimento de fissuras visíveis]; condições inseguras [Existência de emendas estruturais desconhecidas; Estrutura parcialmente desmembrada e instável]; desvios [Demolição sem obtenção dos desenhos estruturais originais; Sequência de demolição inadequada]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco estrutural; Falha em reconhecer sinais de perigo iminente]; técnicos [Ligações por emenda do tipo articulado (hinge); Capacidade insuficiente das emendas para esforços de flexão induzidos]; organizacionais [Falha grave de planeamento da demolição; Consultoria técnica baseada em informação incompleta]. Convergência causal: Colapso parcial do segundo piso durante o corte de	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: demolição planeada sem conhecimento da estrutura real, ausência de análise estrutural, ignorância de sinais de falha e inexistência de controlo técnico competente.

			documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		vigas principais -> Colapso parcial de edifício durante demolição.	
37	2012_R_09	Colapso parcial de estrutura em construção. O colapso ocorreu numa fase intermédia da construção, quando a estrutura ainda não tinha capacidade para resistir às cargas atuantes	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso parcial da estrutura durante a fase de execução. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Instabilidade estrutural causada por ausência de contraventamento e ligações incompletas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento da estabilidade temporária, não cumprimento do projeto estrutural e ausência de controlo técnico competente. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Estrutura sem rigidez suficiente durante fase intermédia; Ligações estruturais incompletas) e organizacionais (Planeamento deficiente da estabilidade temporária; Falta de coordenação entre projeto e execução). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Colapso parcial da estrutura durante a fase de execução; Contributiva: Instabilidade estrutural causada por ausência de contraventamento e ligações incompletas; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento da estabilidade temporária, não cumprimento do projeto estrutural e ausência de controlo técnico competente	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuação dos trabalhos sem garantir estabilidade lateral da estrutura; Execução simultânea de trabalhos em níveis instáveis]; condições inseguras [Ausência de contraventamento temporário adequado; Elementos estruturais incompletos e mal ligados]; desvios [Não cumprimento do projeto estrutural aprovado; Alterações à sequência construtiva sem validação técnica]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco estrutural; Aceitação de condições instáveis como normais]; técnicos [Estrutura sem rigidez suficiente durante fase intermédia; Ligações estruturais incompletas]; organizacionais [Planeamento deficiente da estabilidade temporária; Falta de coordenação entre projeto e execução]. Convergência causal: Colapso parcial da estrutura durante a fase de execução -> Colapso parcial de estrutura em construção.	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento da estabilidade temporária, não cumprimento do projeto estrutural e ausência de controlo técnico competente.
38	2013_r_01	Colapso parcial de laje durante	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha do sistema de escoramento durante a	Imediata: Falha do sistema de escoramento durante a	Ramos antecedentes: ações inseguras [Betonagem com escoramentos em dois	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os

		betonagem. A carga aplicada (~6.1 kips/poste) aproximou-se ou excedeu a capacidade real do escoramento, sem qualquer margem de segurança	betonagem da laje. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Postes em dois níveis sem contraventamento adequado e com capacidade de carga excedida. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de projeto aprovado de escoramento, uso de desenhos preliminares, ausência de inspeção técnica e violação de requisitos regulamentares. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Escoramentos esbeltos sujeitos a flambagem; Capacidade de carga insuficiente face às cargas reais) e organizacionais (Ausência de projeto formal de escoramento; Falha de coordenação entre projetista, fabricante e empreiteiro). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	betonagem da laje; Contributiva: Postes em dois níveis sem contraventamento adequado e com capacidade de carga excedida; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de projeto aprovado de escoramento, uso de desenhos preliminares, ausência de inspeção técnica e violação de requisitos regulamentares	níveis sem contraventamento; Utilização de desenhos preliminares não aprovados]; condições inseguras [Escoramentos com altura excessiva (~20 pés) sem travamentos laterais; Postes com emendas ao nível médio (splice) sem resistência plena]; desvios [Execução sem projeto de escoramento aprovado; Violação do OSHA 29 CFR 1926.703(a)(2)]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco estrutural; Confiança excessiva em catálogos do fabricante]; técnicos [Escoramentos esbeltos sujeitos a flambagem; Capacidade de carga insuficiente face às cargas reais]; organizacionais [Ausência de projeto formal de escoramento; Falha de coordenação entre projetista, fabricante e empreiteiro]. Convergência causal: Falha do sistema de escoramento durante a betonagem da laje -> Colapso parcial de laje durante betonagem.	níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de projeto aprovado de escoramento, uso de desenhos preliminares, ausência de inspeção técnica e violação de requisitos regulamentares.
39	2013_r_02	Colapso progressivo de estrutura em construção. A coluna crítica	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha da base de uma coluna interior não groutada durante a montagem estrutural. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Aplicação	Imediata: Falha da base de uma coluna interior não groutada durante a montagem estrutural; Contributiva:	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuação da montagem estrutural sobre coluna não groutada; Aplicação de cargas progressivas em elemento estrutural	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos

		permaneceu sem grout durante cerca de 26 dias antes do colapso, sendo progressivamente carregada até à falha catastrófica	de cargas excessivas sobre coluna sem capacidade resistente adequada. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de controlo crítico do grouting, inspeção estrutural ineficaz, falhas de coordenação entre intervenientes e não cumprimento de procedimentos essenciais de estabilidade. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Coluna pré-fabricada sem transferência adequada de cargas para a fundação; Capacidade de apoio limitada dos shim plates) e organizacionais (Falha sistémica de coordenação entre empreiteiro geral, montador e subempreiteiros; Inexistência de controlo eficaz sobre atividades críticas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no…	Aplicação de cargas excessivas sobre coluna sem capacidade resistente adequada; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de controlo crítico do grouting, inspeção estrutural ineficaz, falhas de coordenação entre intervenientes e não cumprimento de procedimentos essenciais de estabilidade	incompleto]; condições inseguras [Ausência de grout na base da coluna B3; Capacidade de apoio limitada a calços metálicos]; desvios [Não execução do grouting no prazo contratual (48 horas)",; Falta de inspeção eficaz das bases das colunas]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado a detalhes construtivos; Confiança excessiva em inspeções visuais à distância]; técnicos [Coluna pré-fabricada sem transferência adequada de cargas para a fundação; Capacidade de apoio limitada dos shim plates]; organizacionais [Falha sistémica de coordenação entre empreiteiro geral, montador e subempreiteiros; Inexistência de controlo eficaz sobre atividades críticas]. Convergência causal: Falha da base de uma coluna interior não…	antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de controlo crítico do grouting, inspeção estrutural ineficaz, falhas de coordenação entre intervenientes e não cumprimento de procedimentos essenciais de estabilidade.
40	2014_r_01	Colapso de paredes pré-fabricadas. Os painéis colapsaram pouco depois de a grua ter sido libertada, quando ainda não existia	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso de painéis pré-fabricados durante a fase de montagem. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Escoramento inadequado e incapaz de resistir a cargas laterais. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e	Imediata: Colapso de painéis pré-fabricados durante a fase de montagem; Contributiva: Escoramento inadequado e incapaz de resistir a cargas laterais; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho junto a painéis não escorados adequadamente; Aceitação de escoramento incompleto como condição provisória]; condições inseguras [Painéis de parede sem escoramento conforme especificado; Escoras insuficientes para cargas laterais]; desvios	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e

		estabilidade permanente	gestão: inexistência de planeamento e controlo da estabilidade temporária, não cumprimento das instruções do fabricante e ausência de supervisão técnica competente. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Escoramento subdimensionado para forças de vento; Ausência de redundância no sistema de estabilização) e organizacionais (Planeamento inadequado da estabilidade temporária; Falta de supervisão técnica durante montagem crítica). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	e gestão: inexistência de planeamento e controlo da estabilidade temporária, não cumprimento das instruções do fabricante e ausência de supervisão técnica competente	[Não cumprimento das instruções do fabricante dos painéis; Omissão de escoramentos temporários obrigatórios]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado a cargas laterais; Confiança excessiva na estabilidade aparente]; técnicos [Escoramento subdimensionado para forças de vento; Ausência de redundância no sistema de estabilização]; organizacionais [Planeamento inadequado da estabilidade temporária; Falta de supervisão técnica durante montagem crítica]. Convergência causal: Colapso de painéis pré-fabricados durante a fase de montagem -> Colapso de paredes pré-fabricadas.	gestão: inexistência de planeamento e controlo da estabilidade temporária, não cumprimento das instruções do fabricante e ausência de supervisão técnica competente.
41	2014_r_02	Colapso de vigas de betão durante montagem. O colapso ocorreu durante uma fase transitória, quando as vigas ainda não estavam integradas	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso de vigas de betão pré-fabricadas durante a montagem. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Instabilidade lateral das vigas devido à ausência de estabilização temporária. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento e controlo da estabilidade	Imediata: Colapso de vigas de betão pré-fabricadas durante a montagem; Contributiva: Instabilidade lateral das vigas devido à ausência de estabilização temporária; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e	Ramos antecedentes: ações inseguras [Permanência de trabalhadores na zona de queda potencial das vigas; Aceitação de apoios provisórios sem estabilidade garantida]; condições inseguras [Vigas apoiadas sem sistema eficaz de estabilização lateral; Ausência de escoramento ou travamento temporário]; desvios [Não implementação de plano de estabilidade	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento e controlo da

		num sistema estrutural estável	temporária, procedimentos de montagem inadequados e ausência de pessoa competente durante a fase crítica. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Vigas com elevada esbeltez e sensibilidade a instabilidade lateral; Inexistência de travamentos provisórios) e organizacionais (Planeamento deficiente da montagem estrutural; Ausência de procedimentos formais de estabilidade temporária). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	gestão: inexistência de planeamento e controlo da estabilidade temporária, procedimentos de montagem inadequados e ausência de pessoa competente durante a fase crítica	temporária; Sequência de montagem inadequada]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco durante montagem de elementos pesados; Confiança excessiva na estabilidade aparente]; técnicos [Vigas com elevada esbeltez e sensibilidade a instabilidade lateral; Inexistência de travamentos provisórios]; organizacionais [Planeamento deficiente da montagem estrutural; Ausência de procedimentos formais de estabilidade temporária]. Convergência causal: Colapso de vigas de betão pré-fabricadas durante a montagem -> Colapso de vigas de betão durante…	estabilidade temporária, procedimentos de montagem inadequados e ausência de pessoa competente durante a fase crítica.
42	2014_r_03	Colapso estrutural de instalação industrial. A instalação sofreu múltiplas modificações ao longo de mais de 40 anos sem reavaliação estrutural global	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha das ligações de apoio da estrutura dos silos sob carga excessiva. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Armazenamento de calcário (material pesado) em silos não projetados para esse fim. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: ausência de avaliação estrutural ao longo da vida útil da instalação, falta de controlo de alterações de carga e inexistência de gestão de integridade	Imediata: Falha das ligações de apoio da estrutura dos silos sob carga excessiva; Contributiva: Armazenamento de calcário (material pesado) em silos não projetados para esse fim; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: ausência de avaliação estrutural ao longo da vida útil da instalação, falta de	Ramos antecedentes: ações inseguras [Armazenamento de calcário em silos não projetados para esse material; Continuação da operação sem verificação da capacidade estrutural]; condições inseguras [Estrutura de suporte subdimensionada para cargas reais; Ligações de apoio com apenas um enrijecedor]; desvios [Alteração do uso dos silos sem avaliação estrutural; Ausência de estudo de engenharia para novas condições de carga]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva na estrutura existente;	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: ausência de avaliação estrutural ao longo da vida útil da instalação, falta de controlo de alterações de carga e

			estrutural. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Ligações de apoio com rigidez e resistência insuficientes; Projeto original adequado apenas para materiais leves (ex.: casca de arroz)) e organizacionais (Ausência de gestão de mudanças estruturais; Falta de governação técnica ao longo do ciclo de vida da instalação). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente…	controlo de alterações de carga e inexistência de gestão de integridade estrutural	Subestimação do impacto de alterações progressivas]; técnicos [Ligações de apoio com rigidez e resistência insuficientes; Projeto original adequado apenas para materiais leves (ex.: casca de arroz)]; organizacionais [Ausência de gestão de mudanças estruturais; Falta de governação técnica ao longo do ciclo de vida da instalação]. Convergência causal: Falha das ligações de apoio da estrutura dos…	inexistência de gestão de integridade estrutural.
43	2015_r_04	Colapso de andaime motorizado durante desmontagem. As secções do mastro removidas foram acumuladas na plataforma, aumentando significativamente a carga e a instabilidade	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso do mastro e da plataforma durante a desmontagem. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Sobrecarga da plataforma e remoção prematura das amarrações laterais. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: desmontagem realizada fora dos limites do fabricante, ausência de controlo rigoroso de cargas e estabilidade, e tomada de decisão insegura em atividade crítica. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Capacidade insuficiente do mastro para altura e carga aplicadas; Efeito P-delta	Imediata: Colapso do mastro e da plataforma durante a desmontagem; Contributiva: Sobrecarga da plataforma e remoção prematura das amarrações laterais; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: desmontagem realizada fora dos limites do fabricante, ausência de controlo rigoroso de cargas e estabilidade, e tomada de	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuação da desmontagem sem descarregar secções removidas; Remoção de amarrações laterais antes de aliviar a carga]; condições inseguras [Altura livre do mastro superior ao permitido pelo fabricante; Plataforma carregada acima da capacidade admissível]; desvios [Não cumprimento das instruções do fabricante para desmontagem; Exceder a altura máxima livre entre amarrações]. Fatores intermédios: humanos [Pressão para acelerar a desmontagem; Tomada de decisão insegura por pessoa experiente]; técnicos [Capacidade	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: desmontagem realizada fora dos limites do fabricante, ausência de controlo rigoroso de cargas e estabilidade, e tomada de decisão insegura em atividade crítica.

			significativo não controlado) e organizacionais (Planeamento inadequado da desmontagem; Falta de controlo efetivo da carga durante fases transitórias). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	decisão insegura em atividade crítica	insuficiente do mastro para altura e carga aplicadas; Efeito P-delta significativo não controlado]; organizacionais [Planeamento inadequado da desmontagem; Falta de controlo efetivo da carga durante fases transitórias]. Convergência causal: Colapso do mastro e da plataforma durante a desmontagem -> Colapso de andaime motorizado durante…	
44	2013_r_06	Colapso parcial de elemento estrutural pré-fabricado. O colapso ocorreu durante uma ação corretiva improvisada após deformação prévia de componentes do escoramento	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso parcial do double tee durante operação de re-jacking. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Instabilidade do sistema de escoramento e apoio subdimensionado. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: ausência de projeto adequado para escoramento e jacking, utilização de componentes inadequados e tomada de decisão sem validação técnica. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Rigidez insuficiente das torres de escoramento; Instabilidade induzida por cargas excêntricas) e organizacionais (Planeamento inadequado da operação de jacking; Ausência de	Imediata: Colapso parcial do double tee durante operação de re-jacking; Contributiva: Instabilidade do sistema de escoramento e apoio subdimensionado; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: ausência de projeto adequado para escoramento e jacking, utilização de componentes inadequados e tomada de decisão sem validação técnica	Ramos antecedentes: ações inseguras [Re-jacking utilizando apenas um macaco hidráulico; Trabalho sob elemento estrutural parcialmente suportado]; condições inseguras [Torres de escoramento sem travamento diagonal obrigatório; Vigas de apoio subdimensionadas (W8x10)]; desvios [Não cumprimento das instruções do fabricante do sistema de escoramento; Omissão de bloqueio/cribbing do macaco hidráulico]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco durante ajuste corretivo; Confiança excessiva em solução improvisada]; técnicos [Rigidez insuficiente das torres de escoramento; Instabilidade induzida por cargas excêntricas]; organizacionais [Planeamento inadequado da operação de	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: ausência de projeto adequado para escoramento e jacking, utilização de componentes inadequados e tomada de decisão sem validação técnica.

			revisão de engenharia para condições transitórias). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		jacking; Ausência de revisão de engenharia para condições transitórias]. Convergência causal: Colapso parcial do double tee durante operação de re-jacking -> Colapso parcial de elemento estrutural pré-fabricado.	
45	2013_r_03	Colapso parcial de parede de alvenaria durante construção. A análise estrutural concluiu que, com armaduras corretamente posicionadas e escoramento conforme o padrão da indústria, o colapso não teria ocorrido	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Tombamento da parede de alvenaria devido à ação do vento. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Escoramento insuficiente e remoção prematura de escoras. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento e controlo da estabilidade temporária da alvenaria, armaduras mal posicionadas e ausência de supervisão técnica competente. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Flexão insuficiente da parede devido a armaduras mal posicionadas; Momento de tombamento superior ao momento resistente) e organizacionais (Ausência de planeamento da estabilidade temporária; Falta de controlo técnico sobre escoramentos). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal	Imediata: Tombamento da parede de alvenaria devido à ação do vento; Contributiva: Escoramento insuficiente e remoção prematura de escoras; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento e controlo da estabilidade temporária da alvenaria, armaduras mal posicionadas e ausência de supervisão técnica competente	Ramos antecedentes: ações inseguras [Remoção prematura de escoras exteriores; Continuação dos trabalhos com parede livre sem estabilidade garantida]; condições inseguras [Número insuficiente de escoras entre juntas de controlo; Escoras sem ligação mecânica positiva à parede]; desvios [Não cumprimento das boas práticas de escoramento de alvenaria; Não observância do padrão da Council for Masonry Wall Bracing]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado a paredes altas não escoradas; Confiança excessiva em soluções provisórias]; técnicos [Flexão insuficiente da parede devido a armaduras mal posicionadas; Momento de tombamento superior ao momento resistente]; organizacionais [Ausência de planeamento da estabilidade temporária; Falta de controlo técnico sobre escoramentos]. Convergência	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de planeamento e controlo da estabilidade temporária da alvenaria, armaduras mal posicionadas e ausência de supervisão técnica competente.

			mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		causal: Tombamento da parede de alvenaria devido à ação do vento -> Colapso parcial…	
46	2009_R_05	Colapso de plataforma de trabalho em mast climber. A investigação concluiu que a plataforma não cumpria o requisito de suportar quatro vezes a carga de trabalho prevista	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Separação e queda da plataforma do mast climber durante operação. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Sobrecarga da plataforma e utilização de ligações inadequadas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: equipamento utilizado fora das especificações do fabricante, ausência de controlo de cargas e deficiente manutenção e inspeção das ligações críticas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Capacidade estrutural insuficiente para cargas reais aplicadas; Ligações críticas subdimensionadas) e organizacionais (Deficiente gestão de manutenção do equipamento; Falta de fiscalização da montagem e operação). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Separação e queda da plataforma do mast climber durante operação; Contributiva: Sobrecarga da plataforma e utilização de ligações inadequadas; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: equipamento utilizado fora das especificações do fabricante, ausência de controlo de cargas e deficiente manutenção e inspeção das ligações críticas	Ramos antecedentes: ações inseguras [Sobrecarga da plataforma além da capacidade admissível; Utilização de extensões de plataforma sem validação estrutural]; condições inseguras [Parafusos de ligação com rosca na zona de corte; Ausência de ligações positivas inferiores entre módulos]; desvios [Não cumprimento das especificações do fabricante para montagem; Não substituição de parafusos conforme exigido]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado a sobrecargas; Confiança excessiva na experiência prévia sem validação técnica]; técnicos [Capacidade estrutural insuficiente para cargas reais aplicadas; Ligações críticas subdimensionadas]; organizacionais [Deficiente gestão de manutenção do equipamento; Falta de fiscalização da montagem e operação]. Convergência causal: Separação e queda da plataforma do mast climber durante operação -> Colapso de plataforma de trabalho…	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: equipamento utilizado fora das especificações do fabricante, ausência de controlo de cargas e deficiente manutenção e inspeção das ligações críticas.

47	2009_R_04	Colapso estrutural de passarela durante betonagem. O colapso envolveu mais de 70% da estrutura da passarela no primeiro dia de betonagem	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha de uma ou mais torres de escoramento durante a betonagem. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Sistema de escoramento temporário subdimensionado e executado fora das especificações. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: projeto inadequado do escoramento temporário, alterações em campo sem reavaliação estrutural e ausência de controlo rigoroso antes de atividades críticas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Subdimensionamento de vigas de escoramento; Capacidade lateral insuficiente das âncoras) e organizacionais (Gestão inadequada de alterações (Management of Change); Coordenação deficiente entre projeto, execução e fiscalização). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Falha de uma ou mais torres de escoramento durante a betonagem; Contributiva: Sistema de escoramento temporário subdimensionado e executado fora das especificações; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: projeto inadequado do escoramento temporário, alterações em campo sem reavaliação estrutural e ausência de controlo rigoroso antes de atividades críticas	Ramos antecedentes: ações inseguras [Alteração da localização e espaçamento das torres de escoramento sem reavaliação estrutural; Continuação da betonagem com sistema temporário subdimensionado]; condições inseguras [Torres de escoramento com capacidade insuficiente; Vigas de apoio subdimensionadas para cargas reais]; desvios [Não cumprimento do espaçamento máximo entre torres definido no projeto; Utilização de perfis de aço diferentes dos especificados]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado à fase de betonagem; Confiança excessiva em soluções temporárias]; técnicos [Subdimensionamento de vigas de escoramento; Capacidade lateral insuficiente das âncoras]; organizacionais [Gestão inadequada de alterações (Management of Change); Coordenação deficiente entre projeto, execução e fiscalização]. Convergência causal: Falha de uma ou mais torres de escoramento durante…	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: projeto inadequado do escoramento temporário, alterações em campo sem reavaliação estrutural e ausência de controlo rigoroso antes de atividades críticas.

48	2009_R_02	Colapso de grua móvel de grande porte (boom overhauling). O boom entrou em condição de overhaul a cerca de 75° quando foi operado até ~79–80°, excedendo os limites admissíveis	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha dos boom stops após o overhauling do boom. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Operação da grua fora do ângulo e raio seguros definidos nos overhaul charts. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: boom stops inadequadamente projetados para impedir a queda do boom e operação da grua em condições inseguras, em violação de normas ASTM B30.5 e SAE J220. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Boom stops subdimensionados; Energia elástica e de mola insuficiente para conter o boom) e organizacionais (Deficiências no projeto original da grua (boom stops); Procedimentos internos inadequados para configuração crítica). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Falha dos boom stops após o overhauling do boom; Contributiva: Operação da grua fora do ângulo e raio seguros definidos nos overhaul charts; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: boom stops inadequadamente projetados para impedir a queda do boom e operação da grua em condições inseguras, em violação de normas ASTM B30.5 e SAE J220	Ramos antecedentes: ações inseguras [Operação da grua com ângulo do boom acima do limite de overhaul; Elevação/ajuste do mast e boom sem posicionar previamente o boom em raio seguro]; condições inseguras [Boom stops incapazes de impedir a queda do boom; Ausência de limit switch funcional no sistema de mast]; desvios [Operação fora dos limites definidos nos overhaul charts; Não cumprimento das práticas SAE J220 para projeto de boom stops]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado ao overhauling do boom; Confiança excessiva nos sistemas de proteção mecânica]; técnicos [Boom stops subdimensionados; Energia elástica e de mola insuficiente para conter o boom]; organizacionais [Deficiências no projeto original da grua (boom stops); Procedimentos internos inadequados para configuração crítica]. Convergência causal: Falha dos boom stops após o overhauling do boom ->…	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: boom stops inadequadamente projetados para impedir a queda do boom e operação da grua em condições inseguras, em violação de normas ASTM B30.5 e SAE J220.
49	2000_05_16	Colapso de armadura vertical de grande altura. A	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Tombamento da armadura devido à ação do vento. 2.º Porquê: esta condição foi	Imediata: Tombamento da armadura devido à ação do vento; Contributiva:	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuação da montagem sem escoramento lateral adequado; Confiança em estais	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de

		armadura pesava cerca de 80 toneladas e colapsou como um conjunto único	favorecida por Utilização de estais apenas para prumo, sem capacidade estrutural. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de escoramento lateral adequado para uma armadura de grande altura durante a fase de execução, em violação das exigências OSHA. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Esbeltez elevada da armadura; Rigidez praticamente inexistente antes da betonagem) e organizacionais (Ausência de planeamento da estabilidade temporária; Falta de procedimentos escritos para armaduras altas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Utilização de estais apenas para prumo, sem capacidade estrutural; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de escoramento lateral adequado para uma armadura de grande altura durante a fase de execução, em violação das exigências OSHA	destinados apenas a prumo]; condições inseguras [Armadura com 44 ft de altura sem suporte lateral estrutural; Estais de pequeno diâmetro (1/4\") não dimensionados para vento]; desvios [Não conformidade com OSHA 29 CFR 1926.703(d)(1); Não implementação de escoramento temporário contra cargas de vento]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do efeito do vento em armaduras altas; Normalização de práticas inseguras em montagem de armaduras]; técnicos [Esbeltez elevada da armadura; Rigidez praticamente inexistente antes da betonagem]; organizacionais [Ausência de planeamento da estabilidade temporária; Falta de procedimentos escritos para armaduras altas]. Convergência causal: Tombamento da armadura devido à ação do vento -> Colapso de armadura vertical de grande altura.	Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de escoramento lateral adequado para uma armadura de grande altura durante a fase de execução, em violação das exigências OSHA.
50	2004_r_03	Colapso progressivo de edifício em construção (parque de estacionamento). O colapso envolveu	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha das ligações estruturais no vão exterior durante a betonagem do nível superior. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Escoramento e reescoramento inadequados	Imediata: Falha das ligações estruturais no vão exterior durante a betonagem do nível superior; Contributiva: Escoramento e reescoramento	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuação da betonagem apesar de fissuras estruturais evidentes; Remoção prematura de reescoramentos]; condições inseguras [Ausência de armaduras inferiores	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na

		cinco níveis (P7 a P3) e ocorreu após quase três horas de betonagem contínua	associados a omissões de armadura crítica. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: projeto estrutural deficiente, execução fora das especificações, fiscalização ineficaz e ausência de gestão adequada das fases intermédias da construção. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Projeto estrutural deficiente nas ligações laje/viga–pilar",; Armadura negativa e inferior inadequadamente dimensionada) e organizacionais (Falhas graves na coordenação entre projeto, fiscalização e execução; Inspeção independente ineficaz). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem…	inadequados associados a omissões de armadura crítica; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: projeto estrutural deficiente, execução fora das especificações, fiscalização ineficaz e ausência de gestão adequada das fases intermédias da construção	críticas (B49); "Comprimento de ancoragem insuficiente de malhas soldadas (S9 e S21)]; desvios [Não cumprimento dos requisitos de reescoramento (3 níveis exigidos); Cracking de escoras sem confirmação de resistência suficiente do betão]. Fatores intermédios: humanos [Normalização de sinais de alerta (fissuras repetidas); Subestimação do risco associado a fases intermédias]; técnicos [Projeto estrutural deficiente nas ligações laje/viga–pilar",; Armadura negativa e inferior inadequadamente dimensionada]; organizacionais [Falhas graves na coordenação entre projeto, fiscalização e execução; Inspeção independente ineficaz]. Convergência causal: Falha das ligações estruturais no vão exterior…	causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: projeto estrutural deficiente, execução fora das especificações, fiscalização ineficaz e ausência de gestão adequada das fases intermédias da construção.
51	2008_r_02	Colapso total de grua torre durante instalação de amarrações laterais. Ensaios laboratoriais (SWRI e Lehigh University) demonstraram	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Rutura das web slings que suspendiam o collar da grua. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Rigging inadequado com slings em contacto com arestas vivas e geometria desfavorável. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: desvio dos procedimentos do fabricante, uso de	Imediata: Rutura das web slings que suspendiam o collar da grua; Contributiva: Rigging inadequado com slings em contacto com arestas vivas e geometria desfavorável; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e	Ramos antecedentes: ações inseguras [Suspensão do collar com slings choked em perfis estruturais com arestas vivas; Utilização de sling degradada e fora de condição]; condições inseguras [Slings posicionadas em entalhe em V entre alma e escoras diagonais; Ausência de proteção de cantos para slings]; desvios [Não cumprimento do procedimento Favelle Favco	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: desvio dos procedimentos do fabricante, uso

		redução da capacidade das slings para valores próximos de 7–10 kips quando posicionadas em entalhes em V	equipamento degradado, ausência de proteção de slings e planeamento deficiente de uma atividade crítica. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Redução da resistência das slings por corte, abrasão e 'bunching; Rutura progressiva iniciada por sling deteriorada) e organizacionais (Falha na implementação das instruções do fabricante; Planeamento inadequado de tarefa crítica). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	gestão: desvio dos procedimentos do fabricante, uso de equipamento degradado, ausência de proteção de slings e planeamento deficiente de uma atividade crítica	A1-1100.123; Elevação do collar por pontos não recomendados]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva na capacidade nominal das slings; Subestimação do efeito de arestas e geometria desfavorável]; técnicos [Redução da resistência das slings por corte, abrasão e 'bunching; Rutura progressiva iniciada por sling deteriorada]; organizacionais [Falha na implementação das instruções do fabricante; Planeamento inadequado de tarefa crítica]. Convergência causal: Rutura das web slings que suspendiam o collar da grua -> Colapso total de…	de equipamento degradado, ausência de proteção de slings e planeamento deficiente de uma atividade crítica.
52	2003_02_01	Colapso estrutural de andaimes de grande altura. As torres atingiam até 155 ft considerando diferenças de cota e extensões inferiores	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha dos apoios inferiores das torres de andaimes devido a sobrecarga. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Acumulação de cargas superiores às previstas e içamento de materiais no topo. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: andaimes de grande altura não projetados por engenheiro, ausência de verificação estrutural dos apoios e incumprimento dos requisitos	Imediata: Falha dos apoios inferiores das torres de andaimes devido a sobrecarga; Contributiva: Acumulação de cargas superiores às previstas e içamento de materiais no topo; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: andaimes de grande altura não projetados por	Ramos antecedentes: ações inseguras [Acumulação excessiva de tijolos e detritos nos níveis superiores; Utilização de estruturas existentes como apoio sem verificação estrutural]; condições inseguras [Andaimes com altura superior a 125 ft sem projeto por engenheiro; Apoios inferiores subdimensionados]; desvios [Violação do OSHA 29 CFR 1926.451(a)(1); Violação do OSHA 29 CFR 1926.452(c)(6)]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação da	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: andaimes de grande altura não projetados por engenheiro, ausência de verificação estrutural dos apoios

			OSHA para cargas e fator de segurança. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (obrecarga das pernas dos andaimes; Falha de vigas dunnage W8x13) e organizacionais (Andaimes não projetados por profissional qualificado; Ausência de controlo de cargas máximas permitidas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	engenheiro, ausência de verificação estrutural dos apoios e incumprimento dos requisitos OSHA para cargas e fator de segurança	carga acumulada nos andaimes; Confiança excessiva em estruturas temporárias]; técnicos [obrecarga das pernas dos andaimes; Falha de vigas dunnage W8x13]; organizacionais [Andaimes não projetados por profissional qualificado; Ausência de controlo de cargas máximas permitidas]. Convergência causal: Falha dos apoios inferiores das torres de andaimes devido a sobrecarga -> Colapso estrutural de andaimes de grande altura.	e incumprimento dos requisitos OSHA para cargas e fator de segurança.
53	2006_r_02	Colapso estrutural de treliças metálicas de grande vão. A deformação lateral da treliça-girder era visível dias antes do colapso	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Flambagem lateral-torcional da treliça-girder principal durante a montagem. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de escoramento lateral adequado e remoção parcial de estais provisórios. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de um plano de montagem estrutural seguro, incapacidade de garantir estabilidade temporária e não intervenção perante sinais claros de instabilidade. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Flambagem lateral-torcional da treliça-girder T-153; Comprimento não	Imediata: Flambagem lateral-torcional da treliça-girder principal durante a montagem; Contributiva: Ausência de escoramento lateral adequado e remoção parcial de estais provisórios; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de um plano de montagem estrutural seguro, incapacidade de garantir estabilidade temporária e não intervenção	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuação da montagem apesar de deformação visível da treliça-girder; Remoção parcial de estais provisórios (guy wires)]; condições inseguras [Treliça-girder longa sem escoramento lateral eficaz; Guy wires frouxos e sem sistema adequado de tensionamento]; desvios [Não adoção de prática reconhecida de estabilidade temporária; Ausência de procedimento formal de montagem aprovado]. Fatores intermédios: humanos [Normalização de deformações progressivas; Subestimação do risco de flambagem em fase de montagem]; técnicos [Flambagem lateral-torcional da	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de um plano de montagem estrutural seguro, incapacidade de garantir estabilidade temporária e não intervenção perante sinais claros de instabilidade.

			travado excessivo) e organizacionais (Falta de planeamento da estabilidade temporária; Comunicação deficiente entre empreiteiro e engenharia). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	perante sinais claros de instabilidade	treliça-girder T-153; Comprimento não travado excessivo]; organizacionais [Falta de planeamento da estabilidade temporária; Comunicação deficiente entre empreiteiro e engenharia]. Convergência causal: Flambagem lateral-torcional da treliça-girder principal durante a montagem -> Colapso estrutural de…	
54	2006_r_06	Colapso estrutural de plataforma temporária. A plataforma já se encontrava estruturalmente em estado precário desde a sua conceção	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Flambagem da escora exterior da estrutura de suporte da plataforma. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Concentração de trabalhadores na extremidade mais desfavorável da plataforma. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: plataforma temporária concebida sem suporte vertical adequado e sem cumprir o fator de segurança exigido para cargas vivas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Flambagem da escora exterior do false frame; Ausência de redundância estrutural) e organizacionais (Projeto estrutural deficiente por parte do fornecedor; Ausência de revisão	Imediata: Flambagem da escora exterior da estrutura de suporte da plataforma; Contributiva: Concentração de trabalhadores na extremidade mais desfavorável da plataforma; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: plataforma temporária concebida sem suporte vertical adequado e sem cumprir o fator de segurança exigido para cargas vivas	Ramos antecedentes: ações inseguras [Concentração de trabalhadores na zona mais desfavorável da plataforma; Utilização contínua de plataforma estruturalmente subdimensionada]; condições inseguras [False frame sem apoio vertical direto; Escora exterior longa e esbelta sujeita a flambagem]; desvios [Violação do OSHA 29 CFR 1926.451(a)(1); Não aplicação do fator de segurança 4 para cargas vivas]. Fatores intermédios: humanos [Desconhecimento da sensibilidade estrutural da plataforma; Confiança excessiva em utilização prévia sem incidentes]; técnicos [Flambagem da escora exterior do false frame; Ausência de redundância estrutural]; organizacionais [Projeto estrutural deficiente por parte do	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: plataforma temporária concebida sem suporte vertical adequado e sem cumprir o fator de segurança exigido para cargas vivas.

			independente de engenharia). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		fornecedor; Ausência de revisão independente de engenharia]. Convergência causal: Flambagem da escora exterior da estrutura de suporte da plataforma -> Colapso estrutural de plataforma temporária.	
55	2006_r_08	Colapso estrutural durante demolição de ponte. Ensaios laboratoriais indicaram rotura dúctil por sobrecarga, sem evidência de fadiga	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha das vigas principais devido a sobrecarga durante a demolição. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Remoção prévia do tabuleiro sem reavaliação da capacidade estrutural. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de um plano de demolição estrutural seguro, sem análise da capacidade residual e sem controlo adequado das cargas aplicadas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Perda da ação composta aço–betão; Momento fletor excessivo nas vigas principais) e organizacionais (Planeamento deficiente da demolição faseada; Falta de envolvimento de engenharia estrutural). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Falha das vigas principais devido a sobrecarga durante a demolição; Contributiva: Remoção prévia do tabuleiro sem reavaliação da capacidade estrutural; Raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de um plano de demolição estrutural seguro, sem análise da capacidade residual e sem controlo adequado das cargas aplicadas	Ramos antecedentes: ações inseguras [Continuação da demolição sem verificação da capacidade residual das vigas; Circulação e posicionamento de escavadora sobre vãos fragilizados]; condições inseguras [Vigas metálicas sem ação composta após remoção do tabuleiro; Consolas longas (~49 ft) não consideradas na fase de demolição]; desvios [Ausência de plano de demolição baseado em análise estrutural; Não avaliação dos efeitos da remoção do tabuleiro na capacidade das vigas]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do efeito da remoção de elementos estruturais; Confiança excessiva em procedimentos anteriores]; técnicos [Perda da ação composta aço–betão; Momento fletor excessivo nas vigas principais]; organizacionais [Planeamento deficiente da demolição faseada; Falta de envolvimento de engenharia estrutural].	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de engenharia e gestão: inexistência de um plano de demolição estrutural seguro, sem análise da capacidade residual e sem controlo adequado das cargas aplicadas.

					Convergência causal: Falha das vigas principais devido a sobrecarga durante a…	
56	93WY005	Queda individual em altura (telhado). A vítima era considerada experiente e fisicamente apta, o que contribuiu para a normalização do risco	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Escorregamento em telhado inclinado e queda livre. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência total de sistemas de proteção contra quedas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento, formação e implementação de medidas de proteção contra quedas em trabalhos de cobertura com inclinação extrema. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Inclinação extrema sem meios mecânicos de retenção; Escorregamento sem possibilidade de auto-recuperação) e organizacionais (Inexistência de programa formal de segurança; Formação baseada apenas em experiência prática). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Escorregamento em telhado inclinado e queda livre; Contributiva: Ausência total de sistemas de proteção contra quedas; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento, formação e implementação de medidas de proteção contra quedas em trabalhos de cobertura com inclinação extrema	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho em telhado com inclinação extrema sem sistema de proteção contra quedas; Dependência exclusiva de apoio improvisado (cleat)]; condições inseguras [Inclinação do telhado de 45°; Ausência de guardas ou redes]; desvios [Não utilização de proteção contra quedas acima de 10 ft; Ausência de análise de risco para trabalho em altura]. Fatores intermédios: humanos [Excesso de confiança devido à experiência prévia; Normalização do risco em trabalhos repetitivos]; técnicos [Inclinação extrema sem meios mecânicos de retenção; Escorregamento sem possibilidade de auto-recuperação]; organizacionais [Inexistência de programa formal de segurança; Formação baseada apenas em experiência prática]. Convergência causal: Escorregamento em telhado inclinado e queda livre -> Queda individual em altura (telhado).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento, formação e implementação de medidas de proteção contra quedas em trabalhos de cobertura com inclinação extrema.

57	11CA002	Queda individual em altura (andaime). O trabalhador era day laborer contratado informalmente e trabalhou sozinho durante vários dias	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Deslocamento da prancha do andaime e queda do trabalhador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Montagem incorreta do andaime e ausência de guardas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: contratação informal sem assegurar competência, formação e condições mínimas de segurança para trabalho em altura. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Instabilidade da prancha de trabalho; Ausência de guardas no andaime) e organizacionais (Contratação informal de trabalhador eventual; Ausência de programa de segurança). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Deslocamento da prancha do andaime e queda do trabalhador; Contributiva: Montagem incorreta do andaime e ausência de guardas; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: contratação informal sem assegurar competência, formação e condições mínimas de segurança para trabalho em altura	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho em andaime sem guardas superiores e intermédias; Utilização de prancha não fixada]; condições inseguras [Andaime montado incorretamente; Prancha de trabalho instável]; desvios [Não cumprimento de requisitos legais para andaimes; Não utilização de proteção contra quedas acima de ~7,5 ft]. Fatores intermédios: humanos [Desconhecimento dos requisitos de segurança; Aceitação do risco devido à condição de trabalho informal]; técnicos [Instabilidade da prancha de trabalho; Ausência de guardas no andaime]; organizacionais [Contratação informal de trabalhador eventual; Ausência de programa de segurança]. Convergência causal: Deslocamento da prancha do andaime e queda do trabalhador -> Queda individual em altura (andaime).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: contratação informal sem assegurar competência, formação e condições mínimas de segurança para trabalho em altura.
58	2012-02	Queda individual em altura (telhado). O trabalhador estava no primeiro dia de trabalho e	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Escorregamento no telhado e falha do sistema PFAS em deter a queda. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Instalação e utilização incorreta do sistema de proteção contra quedas. 3.º Porquê: o fator	Imediata: Escorregamento no telhado e falha do sistema PFAS em deter a queda; Contributiva: Instalação e utilização incorreta do sistema de proteção contra	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho em telhado inclinado sem controlo adequado do risco de queda; Utilização de PFAS com ligação incorreta]; condições inseguras [Inclinação do telhado de 10/12; Âncora do PFAS instalada lateralmente com	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha

		utilizava PFAS sem formação adequada	contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de formação, supervisão competente e verificação da correta instalação e uso do PFAS, agravada por barreiras linguísticas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Instalação incorreta da âncora do PFAS; Configuração inadequada do sistema de retenção de queda) e organizacionais (Ausência de programa de segurança do subempreiteiro; Formação inexistente ou não implementada pelo empreiteiro geral). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	quedas; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de formação, supervisão competente e verificação da correta instalação e uso do PFAS, agravada por barreiras linguísticas	fixação insuficiente]; desvios [Não cumprimento dos critérios de instalação do PFAS (29 CFR 1926.502); Ausência de formação em proteção contra quedas]. Fatores intermédios: humanos [Inexperiência do trabalhador (primeiro dia de trabalho); Desconhecimento do funcionamento e limitações do PFAS]; técnicos [Instalação incorreta da âncora do PFAS; Configuração inadequada do sistema de retenção de queda]; organizacionais [Ausência de programa de segurança do subempreiteiro; Formação inexistente ou não implementada pelo empreiteiro geral]. Convergência causal: Escorregamento no telhado e falha do sistema PFAS em deter a queda -> Queda individual em…	sistémica de gestão da segurança: inexistência de formação, supervisão competente e verificação da correta instalação e uso do PFAS, agravada por barreiras linguísticas.
59	22KY0 0601	Esmagamento individual por carga (laje de pedra). O trabalhador estava no primeiro dia de trabalho e utilizava	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Escorregamento no telhado e falha do sistema PFAS em deter a queda. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Instalação e utilização incorreta do sistema de proteção contra quedas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de	Imediata: Escorregamento no telhado e falha do sistema PFAS em deter a queda; Contributiva: Instalação e utilização incorreta do sistema de proteção contra quedas; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho em telhado inclinado sem controlo adequado do risco de queda; Utilização de PFAS com ligação incorreta]; condições inseguras [Inclinação do telhado de 10/12; Âncora do PFAS instalada lateralmente com fixação insuficiente]; desvios [Não cumprimento dos critérios de instalação do	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de

		PFAS sem formação adequada	formação, supervisão competente e verificação da correta instalação e uso do PFAS, agravada por barreiras linguísticas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Instalação incorreta da âncora do PFAS; Configuração inadequada do sistema de retenção de queda) e organizacionais (Ausência de programa de segurança do subempreiteiro; Formação inexistente ou não implementada pelo empreiteiro geral). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	segurança: inexistência de formação, supervisão competente e verificação da correta instalação e uso do PFAS, agravada por barreiras linguísticas	PFAS (29 CFR 1926.502); Ausência de formação em proteção contra quedas]. Fatores intermédios: humanos [Inexperiência do trabalhador (primeiro dia de trabalho); Desconhecimento do funcionamento e limitações do PFAS]; técnicos [Instalação incorreta da âncora do PFAS; Configuração inadequada do sistema de retenção de queda]; organizacionais [Ausência de programa de segurança do subempreiteiro; Formação inexistente ou não implementada pelo empreiteiro geral]. Convergência causal: Escorregamento no telhado e falha do sistema PFAS em deter a queda -> Esmagamento individual…	formação, supervisão competente e verificação da correta instalação e uso do PFAS, agravada por barreiras linguísticas.
60	2021OR01	Esmagamento individual por equipamento móvel. O equipamento funcionava conforme o projeto; não foram identificadas avarias mecânicas	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Movimento inesperado da escavadora com trabalhadores na zona de esmagamento. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Objeto solto a pressionar comandos e desbloqueio acidental do sistema hidráulico. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de procedimentos formais, formação adequada e barreiras técnicas/organizacionais para impedir a	Imediata: Movimento inesperado da escavadora com trabalhadores na zona de esmagamento; Contributiva: Objeto solto a pressionar comandos e desbloqueio acidental do sistema hidráulico; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de	Ramos antecedentes: ações inseguras [Saída da cabine com equipamento ligado e ferramenta elevada; Presença de objeto solto (lancheira) a pressionar comandos]; condições inseguras [Equipamento energizado sem bloqueio efetivo; Comandos pressionados por objeto solto]; desvios [Não cumprimento das instruções do fabricante para saída da cabine; Não bloqueio hidráulico efetivo antes de abandonar o posto]. Fatores intermédios: humanos [Normalização de	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de procedimentos formais, formação adequada e barreiras técnicas/organizacionais para

			ativação inadvertida de equipamento pesado. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Ativação inadvertida do sistema hidráulico; Inexistência de sensores de presença no assento) e organizacionais (Ausência de programa formal de segurança e saúde; Formação informal sem validação de competências). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	procedimentos formais, formação adequada e barreiras técnicas/organizacionais para impedir a ativação inadvertida de equipamento pesado	práticas inseguras (armazenar objetos nos comandos); Excesso de confiança devido à elevada experiência]; técnicos [Ativação inadvertida do sistema hidráulico; Inexistência de sensores de presença no assento]; organizacionais [Ausência de programa formal de segurança e saúde; Formação informal sem validação de competências]. Convergência causal: Movimento inesperado da escavadora com trabalhadores na zona de esmagamento -> Esmagamento individual…	impedir a ativação inadvertida de equipamento pesado.
61	16OR016	Colapso local de vala (acidente individual por cave-in). A vítima encontrava-se numa zona não protegida entre dois sistemas de escoramento espaçados excessivamente	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso da parede da vala sobre o trabalhador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Proteção descontínua e inadequada da escavação. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação adequada do solo, implementação incorreta do sistema de proteção da vala e ausência de atuação efetiva da pessoa competente. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Sistema de escoramento inadequado ao	Imediata: Colapso da parede da vala sobre o trabalhador; Contributiva: Proteção descontínua e inadequada da escavação; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação adequada do solo, implementação incorreta do sistema de proteção da vala e	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho em zona não protegida entre sistemas de escoramento; Entrada na vala sem acesso seguro (ausência de escada)]; condições inseguras [Espaçamento excessivo entre painéis de escoramento (~15 ft); Ausência de waler system exigido para o tipo de solo]; desvios [Não conformidade com requisitos OSHA/OR-OSHA para escavações; Não classificação adequada do solo antes da escavação]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva em práticas habituais; Subestimação do risco	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação adequada do solo, implementação incorreta do sistema de proteção da vala e

			tipo de solo (Type C); Espaçamento excessivo dos painéis de escoramento) e organizacionais (Falha do empregador em exercer o papel de pessoa competente; Formação insuficiente dos trabalhadores em segurança de escavações). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	ausência de atuação efetiva da pessoa competente	de colapso de vala]; técnicos [Sistema de escoramento inadequado ao tipo de solo (Type C); Espaçamento excessivo dos painéis de escoramento]; organizacionais [Falha do empregador em exercer o papel de pessoa competente; Formação insuficiente dos trabalhadores em segurança de escavações]. Convergência causal: Colapso da parede da vala sobre o trabalhador -> Colapso local de vala…	ausência de atuação efetiva da pessoa competente.
62	17MI127	Colapso local de vala (acidente individual por cave-in). Foi a primeira vez que o empregador executou uma escavação longa e profunda deste tipo	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso da parede da vala sobre os trabalhadores. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Execução de trabalhos em vala profunda sem proteção. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: ausência total de planeamento, de pessoa qualificada e de sistemas de proteção exigidos para trabalhos em escavações. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Solo arenoso e instável; Parede adjacente a pavimento rígido com colapso em bloco) e organizacionais (Inexistência de programa de segurança; Empregador sem formação em escavações profundas). 5.º Porquê: o	Imediata: Colapso da parede da vala sobre os trabalhadores; Contributiva: Execução de trabalhos em vala profunda sem proteção; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência total de planeamento, de pessoa qualificada e de sistemas de proteção exigidos para trabalhos em escavações	Ramos antecedentes: ações inseguras [Entrada em vala >7 ft sem qualquer sistema de proteção; Execução de trabalhos manuais sob parede praticamente vertical]; condições inseguras [Ausência total de escoramento, inclinação ou shielding; Solo arenoso adjacente a estrutura rígida (driveway)]; desvios [Não conformidade com MIOSHA/OSHA Subpart P"; Ausência de inspeção por pessoa qualificada]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco de colapso devido à aparência ‘dura’ do solo; Confiança excessiva em experiência prévia limitada]; técnicos [Solo arenoso e instável; Parede adjacente a pavimento rígido com colapso em bloco]; organizacionais	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência total de planeamento, de pessoa qualificada e de sistemas de proteção exigidos para trabalhos em escavações.

			aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		[Inexistência de programa de segurança; Empregador sem formação em escavações profundas]. Convergência causal: Colapso da parede da vala sobre os trabalhadores -> Colapso local de vala (acidente individual por cave-in).	
63	17MI045	Queda individual em altura (através de claraboia). Outras claraboias no local também se encontravam desprotegidas ou abertas	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso da claraboia sob o peso do trabalhador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de proteção coletiva em torno da abertura. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: não reconhecimento das claraboias como aberturas perigosas, ausência de proteção coletiva e formação inadequada em riscos específicos de trabalhos em cobertura. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Claraboia plástica não concebida para cargas humanas; Ausência de sistemas de proteção coletiva) e organizacionais (Programa de segurança incompleto quanto a aberturas; Formação insuficiente sobre riscos de claraboias). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal	Imediata: Colapso da claraboia sob o peso do trabalhador; Contributiva: Ausência de proteção coletiva em torno da abertura; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: não reconhecimento das claraboias como aberturas perigosas, ausência de proteção coletiva e formação inadequada em riscos específicos de trabalhos em cobertura	Ramos antecedentes: ações inseguras [Circulação e trabalho próximo de claraboias sem proteção; Assumir que a claraboia suportaria o peso de uma pessoa]; condições inseguras [Claraboias sem guardas, redes ou coberturas resistentes; Ausência de marcação/identificação de aberturas]; desvios [Não cumprimento de requisitos de proteção de aberturas (MIOSHA/OSHA); Ausência de proteção coletiva em torno das claraboias]. Fatores intermédios: humanos [Desconhecimento do comportamento estrutural das claraboias; Falsa perceção de segurança baseada em experiência prévia]; técnicos [Claraboia plástica não concebida para cargas humanas; Ausência de sistemas de proteção coletiva]; organizacionais [Programa de segurança incompleto quanto a aberturas; Formação insuficiente sobre riscos	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: não reconhecimento das claraboias como aberturas perigosas, ausência de proteção coletiva e formação inadequada em riscos específicos de trabalhos em cobertura.

			mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		de claraboias]. Convergência causal: Colapso da claraboia sob o peso do trabalhador -> Queda individual em altura…	
64	18KY054	Eletrocussão individual por contacto com linha aérea. A atividade de cobertura é classificada como ocupação proibida para menores segundo legislação laboral dos EUA	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Contacto da escada metálica com linha elétrica aérea energizada. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Reposicionamento da escada em posição vertical próxima de linha elétrica. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento e controlo de riscos elétricos, utilização de equipamento inadequado e violação das regras de trabalho juvenil. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Alta condutividade da escada de alumínio; Tensão elevada da linha aérea (7.200 V)) e organizacionais (Emprego de menor em atividade proibida (trabalhos de cobertura); Ausência de programa de segurança). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Contacto da escada metálica com linha elétrica aérea energizada; Contributiva: Reposicionamento da escada em posição vertical próxima de linha elétrica; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento e controlo de riscos elétricos, utilização de equipamento inadequado e violação das regras de trabalho juvenil	Ramos antecedentes: ações inseguras [Manuseamento de escada metálica totalmente estendida; Transporte da escada em posição vertical]; condições inseguras [Presença de linha elétrica aérea sobre a zona de acesso; Utilização de escada condutora (alumínio)]; desvios [Não realização de análise de perigos (JHA/JSA); Não cumprimento de requisitos de trabalho próximo de linhas energizadas]. Fatores intermédios: humanos [Inexperiência do trabalhador (16 anos); Desconhecimento dos riscos elétricos]; técnicos [Alta condutividade da escada de alumínio; Tensão elevada da linha aérea (7.200 V)]; organizacionais [Emprego de menor em atividade proibida (trabalhos de cobertura); Ausência de programa de segurança]. Convergência causal: Contacto da escada metálica com linha elétrica aérea energizada -> Eletrocussão individual por contacto com linha aérea.	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento e controlo de riscos elétricos, utilização de equipamento inadequado e violação das regras de trabalho juvenil.

65	2018OR008	Esmagamento (caught-in/between). O evento foi registado por câmara de videovigilância próxima	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Descida dos braços do skid-steer esmagando o operador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Operação do equipamento fora da cabine com sistemas de segurança contornados. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: tolerância a práticas inseguras, ausência de procedimentos formais para intervenção em equipamentos energizados e falhas de formação específica em riscos caught-in/between. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Ativação involuntária do comando devido a mangueira; Ausência de suporte mecânico dos braços) e organizacionais (Permissão implícita para operar fora da cabine; Formação insuficiente em perigos caught-in/between). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Descida dos braços do skid-steer esmagando o operador; Contributiva: Operação do equipamento fora da cabine com sistemas de segurança contornados; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: tolerância a práticas inseguras, ausência de procedimentos formais para intervenção em equipamentos energizados e falhas de formação específica em riscos caught-in/between	Ramos antecedentes: ações inseguras [Operação do skid-steer a partir do exterior da cabine; Desativação/contorno do sistema de segurança (seat bar)]; condições inseguras [Mangueira hidráulica enrolada no comando; Equipamento energizado durante intervenção]; desvios [Não cumprimento das instruções do fabricante; Bypass de sistemas de intertravamento]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco de esmagamento; Pressa para concluir a tarefa]; técnicos [Ativação involuntária do comando devido a mangueira; Ausência de suporte mecânico dos braços]; organizacionais [Permissão implícita para operar fora da cabine; Formação insuficiente em perigos caught-in/between]. Convergência causal: Descida dos braços do skid-steer esmagando o operador -> Esmagamento (caught-in/between).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: tolerância a práticas inseguras, ausência de procedimentos formais para intervenção em equipamentos energizados e falhas de formação específica em riscos caught-in/between.

66	20CA001	Struck-by (carga elevada / attachment failure). O quick coupler era automático; a verificação positiva do engate não foi assegurada antes da intervenção	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do balde após desacoplamento do quick coupler. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Posicionamento do operador sob carga suspensa. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de procedimentos rigorosos para intervenção em attachments, formação específica insuficiente e controlo inadequado de zonas de exclusão. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Desacoplamento do balde por falha de engate; Energia potencial elevada do conjunto lança/balde) e organizacionais (Procedimentos de segurança incompletos para quick couplers; Formação predominantemente on-the-job sem módulos específicos). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Queda do balde após desacoplamento do quick coupler; Contributiva: Posicionamento do operador sob carga suspensa; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de procedimentos rigorosos para intervenção em attachments, formação específica insuficiente e controlo inadequado de zonas de exclusão	Ramos antecedentes: ações inseguras [Saída da cabine com a lança/balde elevados; Posicionamento do trabalhador sob carga suspensa]; condições inseguras [Falha/engate incompleto do quick coupler; Carga elevada sem apoio mecânico]; desvios [Não baixar o balde ao solo antes de sair da cabine; Não proibir circulação sob cargas elevadas]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado a attachments; Possível reação a alarme/indício de falha sem neutralizar a energia]; técnicos [Desacoplamento do balde por falha de engate; Energia potencial elevada do conjunto lança/balde]; organizacionais [Procedimentos de segurança incompletos para quick couplers; Formação predominantemente on-the-job sem módulos específicos]. Convergência causal: Queda do balde após desacoplamento do quick coupler -> Struck-by (carga elevada / attachment failure).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de procedimentos rigorosos para intervenção em attachments, formação específica insuficiente e controlo inadequado de zonas de exclusão.
67	2018OR030	Struck-by (libertação de energia armazenada). Os	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Projeção do riser pressurizado após falha da ligação. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Execução de aperto com	Imediata: Projeção do riser pressurizado após falha da ligação; Contributiva: Execução de aperto com	Ramos antecedentes: ações inseguras [Aperto de flange com sistema pressurizado; Permanência na linha de projeção do riser]; condições inseguras [Parafusos torque shear	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos

		parafusos torque shear não apresentavam marcas de aperto; o procedimento HPT não estava disponível no estaleiro	sistema sob pressão. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: não cumprimento de procedimentos de ensaio, ausência de checklists e comunicação deficiente de alterações de projeto sob pressão de cronograma. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Ligação mecânica não travada (torque shear bolts intactos); Energia hidráulica elevada (≈175–190 PSI)) e organizacionais (Pressão de prazo devido a alterações de projeto; Procedimentos não disponibilizados às equipas de campo). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	sistema sob pressão; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: não cumprimento de procedimentos de ensaio, ausência de checklists e comunicação deficiente de alterações de projeto sob pressão de cronograma	não apertados na ligação enterrada; Ligação crítica inspecionada apenas visualmente]; desvios [Desvio do procedimento de ensaio hidrostático (HPT); Permissão de trabalho em sistema sob pressão]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco de energia armazenada; Execução da tarefa sob pressão de cronograma]; técnicos [Ligação mecânica não travada (torque shear bolts intactos); Energia hidráulica elevada (≈175–190 PSI)]; organizacionais [Pressão de prazo devido a alterações de projeto; Procedimentos não disponibilizados às equipas de campo]. Convergência causal: Projeção do riser pressurizado após falha da ligação -> Struck-by (libertação de energia armazenada).	antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: não cumprimento de procedimentos de ensaio, ausência de checklists e comunicação deficiente de alterações de projeto sob pressão de cronograma.
68	19KY0 34	Queda em altura (telhado). O óbito ocorreu dias após o acidente devido a lesões cranianas; o empregador tinha conhecimento de	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador a partir do telhado do segundo piso. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de proteção contra quedas durante a execução da tarefa. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento, formação,	Imediata: Queda do trabalhador a partir do telhado do segundo piso; Contributiva: Ausência de proteção contra quedas durante a execução da tarefa; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho em altura sem utilização de proteção contra quedas; Postura instável (sentado com pernas cruzadas) próximo da borda]; condições inseguras [Ausência total de sistemas de proteção contra quedas; Cobertura de dois níveis com superfícies de impacto rígidas]; desvios [Não cumprimento	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de

		condição médica prévia	avaliação médica e implementação de medidas de proteção contra quedas em trabalhos de cobertura. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Ausência de PFAS ou proteção coletiva; Altura de queda acumulada significativa (~18 ft)) e organizacionais (Inexistência de programa de segurança; Não avaliação da aptidão médica para trabalho em altura). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	segurança: inexistência de planeamento, formação, avaliação médica e implementação de medidas de proteção contra quedas em trabalhos de cobertura	dos requisitos de proteção contra quedas (>6 ft); Ausência de análise de riscos/JHA]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco em tarefa rotineira; Possível condição médica pré-existente (histórico de convulsões)]; técnicos [Ausência de PFAS ou proteção coletiva; Altura de queda acumulada significativa (~18 ft)]; organizacionais [Inexistência de programa de segurança; Não avaliação da aptidão médica para trabalho em altura]. Convergência causal: Queda do trabalhador a partir do telhado do segundo piso -> Queda em altura (telhado).	planeamento, formação, avaliação médica e implementação de medidas de proteção contra quedas em trabalhos de cobertura.
69	20CA002	Struck-by (falha de attachment / quick coupler). O cenário é consistente com outros acidentes FACE envolvendo quick couplers e struck-by	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do balde da escavadora para o interior da vala. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Presença de trabalhador na zona de queda durante operação. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de segregação de tarefas, procedimentos específicos para quick couplers e controlo rigoroso de zonas de exclusão em trabalhos em vala. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos	Imediata: Queda do balde da escavadora para o interior da vala; Contributiva: Presença de trabalhador na zona de queda durante operação; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de segregação de tarefas, procedimentos específicos para quick couplers e controlo rigoroso de zonas de	Ramos antecedentes: ações inseguras [Permanência de trabalhador no interior da vala sob a lança da escavadora; Operação de escavadora com trabalhador exposto na zona de queda]; condições inseguras [Falha ou engate incompleto do quick coupler; Ausência de zona de exclusão vertical sobre a vala]; desvios [Não segregação de atividades (escavação vs. trabalho manual); Não implementação de procedimentos específicos para quick couplers]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de segregação de tarefas, procedimentos específicos para quick couplers e controlo

			(Desacoplamento do balde por falha de engate; Energia potencial elevada do conjunto lança/balde) e organizacionais (Planeamento inadequado da sequência de trabalhos; Ausência de regras claras de exclusão de trabalhadores em valas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	exclusão em trabalhos em vala	risco de struck-by; Confiança excessiva no equipamento]; técnicos [Desacoplamento do balde por falha de engate; Energia potencial elevada do conjunto lança/balde]; organizacionais [Planeamento inadequado da sequência de trabalhos; Ausência de regras claras de exclusão de trabalhadores em valas]. Convergência causal: Queda do balde da escavadora para o interior da vala -> Struck-by (falha de attachment / quick…	rigoroso de zonas de exclusão em trabalhos em vala.
70	21CA004	Struck-by (falha de attachment / quick coupler). O operador era a pessoa competente designada; não ficou evidenciada a realização de JHA no dia	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do balde da escavadora para o interior da vala. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Presença de trabalhador na zona de queda durante operação da escavadora. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de segregação de tarefas, procedimentos e formação específicos para quick couplers e controlo rigoroso de zonas de exclusão em trabalhos em vala. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Desacoplamento do balde por falha de engate; Energia potencial elevada do conjunto lança/balde) e	Imediata: Queda do balde da escavadora para o interior da vala; Contributiva: Presença de trabalhador na zona de queda durante operação da escavadora; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de segregação de tarefas, procedimentos e formação específicos para quick couplers e controlo rigoroso	Ramos antecedentes: ações inseguras [Permanência de trabalhador no interior da vala sob a lança da escavadora; Reentrada do balde no quick coupler sem verificação positiva documentada]; condições inseguras [Falha/engate incompleto do quick coupler; Ausência de zona de exclusão vertical sobre a vala]; desvios [Não segregação temporal de atividades (escavação vs. trabalho manual); Inspeção/manutenção insuficiente do quick coupler]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco de struck-by; Consciência situacional limitada quanto à posição do trabalhador]; técnicos [Desacoplamento do balde por falha de	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de segregação de tarefas, procedimentos e formação específicos para quick couplers e controlo rigoroso de zonas de exclusão em trabalhos em vala.

			organizacionais (Formação específica sobre quick couplers não documentada; Procedimentos incompletos para zonas de exclusão). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	de zonas de exclusão em trabalhos em vala	engate; Energia potencial elevada do conjunto lança/balde]; organizacionais [Formação específica sobre quick couplers não documentada; Procedimentos incompletos para zonas de exclusão]. Convergência causal: Queda do balde da escavadora para o interior da vala -> Struck-by (falha de…	
71	22KY083	Esmagamento (caught-in/between). Exames toxicológicos pós-mortem indicaram presença de múltiplas substâncias	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do acessório do skid-steer sobre o operador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Bypass de dispositivos de segurança e presença do operador na zona de esmagamento. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: tolerância ao bypass de proteções, ausência de procedimentos e formação adequados, e controlo organizacional insuficiente para operações com skid-steer. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Separação do acessório por falha de travamento; Energia potencial elevada dos braços e da carga) e organizacionais (Programa de segurança inexistente ou informal; Formação não documentada para	Imediata: Queda do acessório do skid-steer sobre o operador; Contributiva: Bypass de dispositivos de segurança e presença do operador na zona de esmagamento; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: tolerância ao bypass de proteções, ausência de procedimentos e formação adequados, e controlo organizacional insuficiente para operações com skid-steer	Ramos antecedentes: ações inseguras [Saída da cabine com braços do skid-steer elevados; Bypass do safety bar/seat bar com motor em funcionamento]; condições inseguras [Acessório não totalmente travado (pinos possivelmente obstruídos por lama/detritos); Carga elevada sem apoio mecânico]; desvios [Não cumprimento das instruções do fabricante; Bypass de dispositivos de segurança]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco de esmagamento; Possível influência de substâncias (toxicologia positiva)]; técnicos [Separação do acessório por falha de travamento; Energia potencial elevada dos braços e da carga]; organizacionais [Programa de segurança inexistente ou informal; Formação não documentada para operadores de	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: tolerância ao bypass de proteções, ausência de procedimentos e formação adequados, e controlo organizacional insuficiente para operações com skid-steer.

			operadores de skid-steer). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		skid-steer]. Convergência causal: Queda do acessório do skid-steer sobre o operador -> Esmagamento (caught-in/between).	
72	23CA003	Esmagamento por colapso de estrutura adjacente. O empregador não apresentou o IIPP nem evidências de formação no local	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso do muro de contenção adjacente sobre o trabalhador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Escavação abaixo da fundação do muro sem estabilização. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação por pessoa competente, ausência de planeamento e de medidas técnicas para garantir a estabilidade de estruturas adjacentes durante trabalhos de escavação. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Perda de suporte do muro devido à escavação; Ausência de sistemas de estabilização) e organizacionais (Inexistência de pessoa competente designada; Programa de segurança não aplicado no terreno). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal	Imediata: Colapso do muro de contenção adjacente sobre o trabalhador; Contributiva: Escavação abaixo da fundação do muro sem estabilização; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação por pessoa competente, ausência de planeamento e de medidas técnicas para garantir a estabilidade de estruturas adjacentes durante trabalhos de escavação	Ramos antecedentes: ações inseguras [Escavação abaixo da fundação de muro adjacente; Entrada de trabalhadores na vala sem estabilização da estrutura vizinha]; condições inseguras [Muro de contenção adjacente sem escoramento ou escoramento inferior; Vala sem sistema de proteção contra colapso estrutural adjacente]; desvios [Não realização de avaliação por pessoa competente; Não utilização de bracing, shoring ou underpinning]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco de colapso do muro existente; Confiança excessiva baseada em experiência prévia]; técnicos [Perda de suporte do muro devido à escavação; Ausência de sistemas de estabilização]; organizacionais [Inexistência de pessoa competente designada; Programa de segurança não aplicado no terreno]. Convergência causal: Colapso do muro de contenção adjacente sobre o trabalhador ->	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação por pessoa competente, ausência de planeamento e de medidas técnicas para garantir a estabilidade de estruturas adjacentes durante trabalhos de escavação.

			mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		Esmagamento por colapso de estrutura adjacente.	
73	15KY078	Queda em altura (através de claraboia). A proteção contra quedas estava disponível no local, mas não era utilizada nem havia formação	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso da claraboia sob o peso do trabalhador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de proteção contra quedas e de proteção das aberturas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação de riscos, de formação e de implementação de medidas de proteção coletiva e individual para trabalhos em cobertura. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Claraboias não concebidas para cargas humanas; Altura de queda elevada (~30 ft)) e organizacionais (Ausência de programa de formação em proteção contra quedas; Não aplicação/enforcement de regras de segurança pelo encarregad). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Colapso da claraboia sob o peso do trabalhador; Contributiva: Ausência de proteção contra quedas e de proteção das aberturas; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação de riscos, de formação e de implementação de medidas de proteção coletiva e individual para trabalhos em cobertura	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho em altura sem uso de proteção contra quedas; Circulação próxima a claraboias não protegidas]; condições inseguras [Claraboias sem proteção coletiva (guardas/redes/coberturas); Ausência de marcação/identificação de aberturas]; desvios [Não realização de JHA antes do início dos trabalhos; Não utilização de PFAS em altura >6 ft]. Fatores intermédios: humanos [Desconhecimento do comportamento estrutural das claraboias; Perda de equilíbrio após rasgo do isolamento]; técnicos [Claraboias não concebidas para cargas humanas; Altura de queda elevada (~30 ft)]; organizacionais [Ausência de programa de formação em proteção contra quedas; Não aplicação/enforcement de regras de segurança pelo encarregad]. Convergência causal: Colapso da claraboia sob o peso do trabalhador -> Queda em altura (através de claraboia).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de avaliação de riscos, de formação e de implementação de medidas de proteção coletiva e individual para trabalhos em cobertura.

74	22KY097	Struck-by (veículo em movimento). O condutor abandonou inicialmente o local após o atropelamento	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Atropelamento do flagger por veículo em circulação. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Falha do condutor em parar perante sinalização. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de medidas de engenharia (barreiras físicas/AFAD) para eliminar a exposição direta de trabalhadores ao tráfego em zonas de obras. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Inexistência de barreiras físicas; Sinalização dependente de comportamento do condutor) e organizacionais (Dependência de controles administrativos em vez de engenharia; Planeamento de segurança de zona de obras insuficiente). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Atropelamento do flagger por veículo em circulação; Contributiva: Falha do condutor em parar perante sinalização; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de medidas de engenharia (barreiras físicas/AFAD) para eliminar a exposição direta de trabalhadores ao tráfego em zonas de obras	Ramos antecedentes: ações inseguras [Exposição direta do flagger ao tráfego sem proteção física; Dependência exclusiva de sinalização manual e vertical]; condições inseguras [Velocidade elevada da via (55 mph); Ausência de barreiras físicas entre tráfego e trabalhadores]; desvios [Não utilização de AFAD (Automated Flagger Assistance Device); Ausência de presença policial no local]. Fatores intermédios: humanos [Erro do condutor (falha em parar); Tempo de reação limitado do flagger]; técnicos [Inexistência de barreiras físicas; Sinalização dependente de comportamento do condutor]; organizacionais [Dependência de controles administrativos em vez de engenharia; Planeamento de segurança de zona de obras insuficiente]. Convergência causal: Atropelamento do flagger por veículo em circulação -> Struck-by (veículo em movimento).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de medidas de engenharia (barreiras físicas/AFAD) para eliminar a exposição direta de trabalhadores ao tráfego em zonas de obras.
75	OR2015-12-1	Queda em altura (andaime pump-jack). A	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador a partir de plataforma instável. 2.º Porquê: esta condição foi	Imediata: Queda do trabalhador a partir de plataforma instável;	Ramos antecedentes: ações inseguras [Uso de andaime pump-jack com apenas um poste de suporte; Apoio da plataforma em	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de

		proteção contra quedas estava disponível no estaleiro, mas não foi utilizada no breezeway	favorecida por Configuração improvisada do andaime pump-jack. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento específico, inspeção por pessoa qualificada e seleção de método seguro para acesso em zonas com obstáculos. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Instabilidade inerente à configuração do andaime; Plataforma sem apoio contínuo) e organizacionais (Plano de segurança não específico para condições do local; Inspeções inadequadas do sistema de andaime). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Contributiva: Configuração improvisada do andaime pump-jack; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento específico, inspeção por pessoa qualificada e seleção de método seguro para acesso em zonas com obstáculos	escada/patamar não concebido para o efeito]; condições inseguras [Andaime incompleto e instável; Ausência de fixação adequada da plataforma]; desvios [Não utilização de configuração padrão do pump-jack; Não seleção de método alternativo seguro (ex.: plataforma elevatória)]. Fatores intermédios: humanos [Trabalho isolado; Aceitação de solução improvisada para ganhar acesso]; técnicos [Instabilidade inerente à configuração do andaime; Plataforma sem apoio contínuo]; organizacionais [Plano de segurança não específico para condições do local; Inspeções inadequadas do sistema de andaime]. Convergência causal: Queda do trabalhador a partir de plataforma instável -> Queda em altura (andaime pump-jack).	Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento específico, inspeção por pessoa qualificada e seleção de método seguro para acesso em zonas com obstáculos.
76	17KY0 07	Queda em altura (andaime móvel / plataforma instável). A vítima era o responsável pela segurança e formação da empresa	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador após rotação da prancha não fixada. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Utilização de plataforma improvisada e incompleta. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: aceitação de desvios operacionais, ausência	Imediata: Queda do trabalhador após rotação da prancha não fixada; Contributiva: Utilização de plataforma improvisada e incompleta; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da	Ramos antecedentes: ações inseguras [Utilização de prancha não fixada como plataforma de trabalho; Trabalho em altura antes da instalação de guardas]; condições inseguras [Prancha sem ganchos de fixação; Andaime não totalmente equipado (sem guardas)]; desvios [Não conclusão da montagem do andaime antes do uso; Não	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: aceitação de desvios

			de disciplina na aplicação das regras de trabalho em altura e falha no princípio de não trabalhar em sistemas incompletos. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Instabilidade da prancha metálica; Ausência de mecanismos de retenção) e organizacionais (Cultura de segurança permissiva a atalhos; Falta de enforcement mesmo por responsáveis de segurança). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	segurança: aceitação de desvios operacionais, ausência de disciplina na aplicação das regras de trabalho em altura e falha no princípio de não trabalhar em sistemas incompletos	utilização de proteção coletiva ou individual]. Fatores intermédios: humanos [Excesso de confiança devido à elevada experiência; Normalização do desvio]; técnicos [Instabilidade da prancha metálica; Ausência de mecanismos de retenção]; organizacionais [Cultura de segurança permissiva a atalhos; Falta de enforcement mesmo por responsáveis de segurança]. Convergência causal: Queda do trabalhador após rotação da prancha não fixada -> Queda em altura (andaime móvel / plataforma instável).	operacionais, ausência de disciplina na aplicação das regras de trabalho em altura e falha no princípio de não trabalhar em sistemas incompletos.
77	17MI0075	Queda em altura (cobertura plana). O óbito ocorreu horas depois; a demora na assistência médica foi um fator agravante	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador da cobertura plana. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de proteção contra quedas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento e de medidas de proteção contra quedas, associada à ausência de procedimentos de resposta médica imediata após o acidente. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Altura suficiente para causar	Imediata: Queda do trabalhador da cobertura plana; Contributiva: Ausência de proteção contra quedas; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento e de medidas de proteção contra quedas, associada à ausência de procedimentos de resposta	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho em cobertura >6 ft sem proteção contra quedas; Possível acesso/descida inadequada pela escada]; condições inseguras [Ausência de sistemas de proteção coletiva ou individual; Cobertura plana sem guarda-corpos]; desvios [Não aplicação de requisitos de proteção contra quedas; Ausência de plano de resposta a emergências]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado a queda de baixa altura; Decisão de não procurar atendimento médico	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento e de medidas de proteção contra quedas, associada à ausência de

			lesões internas graves (~8 ft); Superfície inferior rígida) e organizacionais (Inexistência de programa de segurança (sole proprietor); Falta de formação formal em proteção contra quedas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	médica imediata após o acidente	imediato]; técnicos [Altura suficiente para causar lesões internas graves (~8 ft); Superfície inferior rígida]; organizacionais [Inexistência de programa de segurança (sole proprietor); Falta de formação formal em proteção contra quedas]. Convergência causal: Queda do trabalhador da cobertura plana -> Queda em altura (cobertura plana).	procedimentos de resposta médica imediata após o acidente.
78	07NJ077	Queda em altura (plataforma temporária). Após o acidente, a OSHA classificou a 'catch platform' como andaime sujeito às normas aplicáveis	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha de prancha da plataforma temporária, criando abertura para a queda. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Uso da plataforma como superfície de trabalho sem requisitos de andaime. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento, classificação e controlo de plataformas temporárias, ausência de inspeções por pessoa competente e de proteção contra quedas para trabalhos em altura extrema. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Falha da prancha por defeito de madeira (slope-of-grain ≈1:2); Plataforma sem amarração/ligação entre pranchas) e organizacionais (Ambiguidade sobre o uso	Imediata: Falha de prancha da plataforma temporária, criando abertura para a queda; Contributiva: Uso da plataforma como superfície de trabalho sem requisitos de andaime; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento, classificação e controlo de plataformas temporárias, ausência de inspeções por pessoa competente e de proteção contra quedas para trabalhos em altura extrema	Ramos antecedentes: ações inseguras [Circulação de trabalhadores sobre plataforma não concebida para uso humano; Ausência de proteção contra quedas a >6 ft]; condições inseguras [Pranchas não fixadas entre si; Madeira de qualidade inadequada (slope-of-grain fora de especificação)]; desvios [Não classificação da plataforma como andaime conforme requisitos OSHA; Não inspeção sistemática das pranchas]. Fatores intermédios: humanos [Normalização do uso indevido da plataforma; Familiaridade excessiva com condição insegura]; técnicos [Falha da prancha por defeito de madeira (slope-of-grain ≈1:2); Plataforma sem amarração/ligação entre pranchas]; organizacionais [Ambiguidade sobre o uso permitido da plataforma; Falta de JHA	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento, classificação e controlo de plataformas temporárias, ausência de inspeções por pessoa competente e de proteção contra quedas para trabalhos em altura extrema.

			permitido da plataforma; Falta de JHA específico para plataformas temporárias). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem…		específico para plataformas temporárias]. Convergência causal: Falha de prancha da plataforma temporária, criando abertura para a queda -> Queda em altura (plataforma…	
79	09WA05101	Queda individual em altura (janela / manuseamento de materiais. O método preferencial (elevação vertical segura ou stinger/rug ram) não foi utilizado	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador após perda de apoio ao descarregar carpete. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Remoção de guarda da janela sem proteção alternativa. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento seguro para manuseamento de materiais em altura, falta de métodos de engenharia adequados e de controlo por pessoa competente. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Rolo de carpete instável sob carga humana; Abertura elevada sem guarda bloqueável) e organizacionais (Planeamento inadequado da logística de materiais em altura; Ambiguidade de responsabilidades entre GC/subempreiteiros). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal	Imediata: Queda do trabalhador após perda de apoio ao descarregar carpete; Contributiva: Remoção de guarda da janela sem proteção alternativa; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento seguro para manuseamento de materiais em altura, falta de métodos de engenharia adequados e de controlo por pessoa competente	Ramos antecedentes: ações inseguras [Remoção de guarda de janela sem sistema alternativo de proteção; Apoio do corpo sobre material instável (rolo de carpete)]; condições inseguras [Janela elevada sem proteção coletiva fixa; Distância entre skip box e janela (~30 in)]; desvios [Não utilização de métodos seguros de elevação/descarga (elevador, hoist, plataforma); Não implementação de PFAS ao remover guarda]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco durante tarefa rotineira; Confiança excessiva na estabilidade do material]; técnicos [Rolo de carpete instável sob carga humana; Abertura elevada sem guarda bloqueável]; organizacionais [Planeamento inadequado da logística de materiais em altura; Ambiguidade de responsabilidades entre GC/subempreiteiros]. Convergência causal:	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento seguro para manuseamento de materiais em altura, falta de métodos de engenharia adequados e de controlo por pessoa competente.

			mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		Queda do trabalhador após perda de apoio ao descarregar carpete -> Queda individual em altura (janela /…	
80	10CA008	Capotamento individual (MEWP – scissor lift). Uma scissor lift maior havia sido solicitada, mas não se aguardou a sua entrega	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Capotamento da scissor lift após impacto e instabilidade. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Sobrecarga e uso de equipamento inadequado para a tarefa. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada de equipamento, ausência de planeamento específico para cargas dinâmicas e formação insuficiente sobre limites operacionais de MEWPs. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Capacidade nominal excedida (~500 lb); Centro de gravidade deslocado pela carga) e organizacionais (Planeamento inadequado do método de trabalho; Comunicação insuficiente sobre a chegada do equipamento correto). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Capotamento da scissor lift após impacto e instabilidade; Contributiva: Sobrecarga e uso de equipamento inadequado para a tarefa; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada de equipamento, ausência de planeamento específico para cargas dinâmicas e formação insuficiente sobre limites operacionais de MEWPs	Ramos antecedentes: ações inseguras [Início dos trabalhos antes da chegada do equipamento adequado; Trabalho com três trabalhadores na plataforma]; condições inseguras [Scissor lift subdimensionada para a carga combinada; Carga dinâmica não considerada (terra + floreira)]; desvios [Não cumprimento da capacidade nominal do equipamento; Não espera pela MEWP adequada já solicitada]. Fatores intermédios: humanos [Pressa para iniciar a tarefa; Subestimação do efeito da carga dinâmica]; técnicos [Capacidade nominal excedida (~500 lb); Centro de gravidade deslocado pela carga]; organizacionais [Planeamento inadequado do método de trabalho; Comunicação insuficiente sobre a chegada do equipamento correto]. Convergência causal: Capotamento da scissor lift após impacto e instabilidade -> Capotamento individual (MEWP – scissor lift).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada de equipamento, ausência de planeamento específico para cargas dinâmicas e formação insuficiente sobre limites operacionais de MEWPs.

81	11CA001	Queda individual em altura (abertura em piso / cofragem). A remoção do escoramento ocorreu enquanto outras equipas circulavam no piso superior	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso do painel de contraplacado após remoção do escoramento. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Acesso de trabalhadores a área com cofragem sem suporte. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento, sinalização e coordenação eficaz durante a remoção parcial de escoramentos em ambiente multiempregador. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Colapso do painel de contraplacado sem escoramento; Sistema de cofragem modular desmontado parcialmente) e organizacionais (Coordenação deficiente entre empreiteiro geral e subempreiteiros; Planeamento inadequado da sequência de desmontagem do escoramento). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Colapso do painel de contraplacado após remoção do escoramento; Contributiva: Acesso de trabalhadores a área com cofragem sem suporte; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento, sinalização e coordenação eficaz durante a remoção parcial de escoramentos em ambiente multiempregador	Ramos antecedentes: ações inseguras [Circulação sobre painéis de contraplacado temporários; Entrada em área onde o escoramento estava a ser removido]; condições inseguras [Painel de cofragem sem suporte após remoção de escoramento; Impossibilidade de distinguir visualmente áreas suportadas e não suportadas]; desvios [Não restrição de acesso às áreas de cofragem durante remoção do escoramento; Ausência de sistema de identificação dos escoramentos a remover/manter]. Fatores intermédios: humanos [Desconhecimento do estado real do escoramento; Confiança na aparente continuidade do piso]; técnicos [Colapso do painel de contraplacado sem escoramento; Sistema de cofragem modular desmontado parcialmente]; organizacionais [Coordenação deficiente entre empreiteiro geral e subempreiteiros; Planeamento inadequado da sequência de desmontagem do escoramento]. Convergência causal: Colapso do painel…	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento, sinalização e coordenação eficaz durante a remoção parcial de escoramentos em ambiente multiempregador.

82	10MI137	Queda em altura (escada extensível). A escada adequada estava disponível no veículo da empresa, mas não foi utilizada	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador a partir de escada extensível. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Seleção inadequada da escada para a tarefa. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de formação, avaliação de riscos e controlo na seleção do meio de acesso, associada a fatores ergonómicos que desencorajaram o uso do equipamento correto. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Capacidade da escada inferior ao peso do trabalhador; Comprimento insuficiente para o ponto de trabalho) e organizacionais (Programa de prevenção de acidentes não implementado; Formação em segurança inexistente ou não documentada). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Queda do trabalhador a partir de escada extensível; Contributiva: Seleção inadequada da escada para a tarefa; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de formação, avaliação de riscos e controlo na seleção do meio de acesso, associada a fatores ergonómicos que desencorajaram o uso do equipamento correto	Ramos antecedentes: ações inseguras [Utilização de escada inadequada ao alcance necessário; Exceder a capacidade nominal da escada (200 lb)]; condições inseguras [Escada subdimensionada para a altura do ponto de trabalho; Linhas aéreas próximas à zona de acesso]; desvios [Não utilização da escada adequada disponível (fibra de vidro 28 ft); Ausência de formação formal em uso seguro de escadas]. Fatores intermédios: humanos [Preferência por equipamento mais leve/fácil de manusear; Subestimação do risco em tarefa rotineira]; técnicos [Capacidade da escada inferior ao peso do trabalhador; Comprimento insuficiente para o ponto de trabalho]; organizacionais [Programa de prevenção de acidentes não implementado; Formação em segurança inexistente ou não documentada]. Convergência causal: Queda do trabalhador a partir de escada extensível -> Queda em altura (escada extensível).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de formação, avaliação de riscos e controlo na seleção do meio de acesso, associada a fatores ergonómicos que desencorajaram o uso do equipamento correto.
83	07NY107	Queda individual em altura (plataforma improvisada em	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador da plataforma improvisada. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de guardas e de	Imediata: Queda do trabalhador da plataforma improvisada; Contributiva: Ausência de guardas e de	Ramos antecedentes: ações inseguras [Utilização de PIT como plataforma de trabalho para pessoas; Trabalho em plataforma artesanal não certificada];	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos

		PIT). O fabricante do telehandler proibia explicitamente o uso como plataforma para pessoas	proteção contra quedas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada de equipamento, uso indevido de PIT como man-lift, ausência de planeamento, formação e fiscalização em trabalhos em altura. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Plataforma fora dos limites ANSI para PIT; Balanço inerente do braço telescópico) e organizacionais (Planeamento inadequado do método de acesso; Fiscalização insuficiente por parte do empreiteiro geral). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	proteção contra quedas; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada de equipamento, uso indevido de PIT como man-lift, ausência de planeamento, formação e fiscalização em trabalhos em altura	condições inseguras [Plataforma não concebida nem testada para elevação de pessoas; Excesso de comprimento e altura da plataforma]; desvios [Não cumprimento das instruções do fabricante do PIT; Modificação não autorizada do equipamento]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva baseada na experiência; Normalização de práticas improvisadas]; técnicos [Plataforma fora dos limites ANSI para PIT; Balanço inerente do braço telescópico]; organizacionais [Planeamento inadequado do método de acesso; Fiscalização insuficiente por parte do empreiteiro geral]. Convergência causal: Queda do trabalhador da plataforma improvisada -> Queda individual em altura (plataforma improvisada em PIT).	antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada de equipamento, uso indevido de PIT como man-lift, ausência de planeamento, formação e fiscalização em trabalhos em altura.
84	09-NJ-099	Queda individual em altura (leading edge / falha de ancoragem). O trabalhador utilizava EPI, mas o sistema falhou devido à	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Falha da ancoragem do sistema antiqueda durante a queda. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Instalação da ancoragem em bordo não fixado com fixadores inadequados. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento	Imediata: Falha da ancoragem do sistema antiqueda durante a queda; Contributiva: Instalação da ancoragem em bordo não fixado com fixadores inadequados; Raiz predominante: Falha	Ramos antecedentes: ações inseguras [Fixação da ancoragem em chapa corrugada não totalmente segura; Uso de parafusos não conformes com especificações do fabricante]; condições inseguras [Placa de ancoragem inadequada para cobertura corrugada; Parafusos com comprimento/rosca insuficientes]; desvios [Não cumprimento	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento

		ancoragem inadequada	deficiente da proteção em leading edge, seleção inadequada de dispositivos de ancoragem e ausência de verificação por pessoa competente. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Extração da ancoragem por falha de fixação; Incompatibilidade da placa com o tipo de deck) e organizacionais (Planeamento insuficiente da proteção coletiva/individual para leading edge; Formação inadequada sobre limitações de ancoragens temporárias). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	sistémica de gestão da segurança: planeamento deficiente da proteção em leading edge, seleção inadequada de dispositivos de ancoragem e ausência de verificação por pessoa competente	das instruções do fabricante da ancoragem; Não utilização de ponto de ancoragem estrutural (ex.: viga)]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva no uso do EPI; Pressão operacional para avançar com a montagem]; técnicos [Extração da ancoragem por falha de fixação; Incompatibilidade da placa com o tipo de deck]; organizacionais [Planeamento insuficiente da proteção coletiva/individual para leading edge; Formação inadequada sobre limitações de ancoragens temporárias]. Convergência causal: Falha da ancoragem do sistema antiqueda durante a queda -> Queda individual em…	deficiente da proteção em leading edge, seleção inadequada de dispositivos de ancoragem e ausência de verificação por pessoa competente.
85	10MI144	Queda em altura (abertura em cobertura). A tampa tinha a palavra 'HOLE' pintada, mas não estava fixada nem certificada	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Colapso da tampa do alçapão sob o peso do trabalhador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Proteção inadequada de abertura em cobertura. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento, inspeção e controlo eficaz das aberturas em coberturas em ambiente multiempregado. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Tampa	Imediata: Colapso da tampa do alçapão sob o peso do trabalhador; Contributiva: Proteção inadequada de abertura em cobertura; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento, inspeção e controlo eficaz das aberturas	Ramos antecedentes: ações inseguras [Circulação sobre tampa de alçapão sem verificação de fixação; Movimentação de materiais sobre aberturas cobertas inadequadamente]; condições inseguras [Tampa metálica não fixada mecanicamente; Material da tampa incapaz de suportar a carga]; desvios [Não cumprimento dos requisitos para coberturas de aberturas (>2x carga); Não fixação das tampas contra deslocamento]. Fatores intermédios:	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de planeamento, inspeção e controlo eficaz das aberturas em

			metálica de espessura inadequada; Ausência de fixadores) e organizacionais (Programa de prevenção de acidentes não implementado no terreno; Coordenação deficiente entre empreiteiros (multiempregador)). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	em coberturas em ambiente multiempregado	humanos [Confiança excessiva por a abertura estar visualmente coberta; Desconhecimento da integridade estrutural da tampa]; técnicos [Tampa metálica de espessura inadequada; Ausência de fixadores]; organizacionais [Programa de prevenção de acidentes não implementado no terreno; Coordenação deficiente entre empreiteiros (multiempregador)]. Convergência causal: Colapso da tampa do alçapão sob o peso do trabalhador -> Queda em altura (abertura em cobertura).	coberturas em ambiente multiempregado.
86	2010IA 054	Queda em altura (escada extensível). A queda ocorreu sobre um muro de fundação adjacente, agravando as lesões	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Deslizamento lateral da escada durante a subida com carga. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Falha do estabilizador e da amarração superior da escada. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento para transporte de materiais em altura, inspeção inadequada de acessórios de escadas e ausência de formação específica em prevenção de quedas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Falha do sistema de	Imediata: Deslizamento lateral da escada durante a subida com carga; Contributiva: Falha do estabilizador e da amarração superior da escada; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento para transporte de materiais em altura, inspeção inadequada de acessórios de escadas e	Ramos antecedentes: ações inseguras [Transporte manual de objeto volumoso em escada; Subida sem manter três pontos de contacto]; condições inseguras [Estabilizador da escada desacoplado; Cinta de amarração superior rompida]; desvios [Não utilização de sistema alternativo de elevação (polia/guincho); Não inspeção prévia de acessórios da escada]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco ao final do turno; Fadiga associada ao fim do dia de trabalho]; técnicos [Falha do sistema de estabilização e amarração; Carga manual	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento para transporte de materiais em altura, inspeção inadequada de acessórios de escadas e ausência de formação

			estabilização e amarração; Carga manual afetando o centro de gravidade do trabalhador) e organizacionais (Formação insuficiente em uso seguro de escadas; Ausência de procedimentos para transporte de materiais em altura). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	ausência de formação específica em prevenção de quedas	afetando o centro de gravidade do trabalhador]; organizacionais [Formação insuficiente em uso seguro de escadas; Ausência de procedimentos para transporte de materiais em altura]. Convergência causal: Deslizamento lateral da escada durante a subida com carga -> Queda em altura (escada extensível).	específica em prevenção de quedas.
87	13MI0091	Capotamento (MEWP – scissor lift). O perigo era conhecido, mas foi ocultado ao cobrir o pavimento com plástico	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Capotamento da scissor lift após entrada da roda em depressão. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Deslocação do equipamento com a plataforma elevada. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de eliminação/isolamento de perigos no pavimento e incumprimento de práticas seguras de operação de MEWPs. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Centro de gravidade elevado durante a deslocação; Alavanca criada pela altura da plataforma) e organizacionais (Gestão de riscos dependente de controlos administrativos; JSA formal não aplicado a trabalhos	Imediata: Capotamento da scissor lift após entrada da roda em depressão; Contributiva: Deslocação do equipamento com a plataforma elevada; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de eliminação/isolamento de perigos no pavimento e incumprimento de práticas seguras de operação de MEWPs	Ramos antecedentes: ações inseguras [Deslocação da plataforma com a tesoura elevada; Cobertura do ralo com plástico sem marcação]; condições inseguras [Depressão no pavimento não sinalizada; Perigo previamente identificado mas não eliminado]; desvios [Não baixar a plataforma antes da deslocação; Não implementar controlo de engenharia (barreiras/marcação)]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva na perceção da distância ao perigo; Erro de julgamento durante manobra em altura]; técnicos [Centro de gravidade elevado durante a deslocação; Alavanca criada pela altura da plataforma]; organizacionais [Gestão de riscos dependente de controlos administrativos; JSA formal não	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de eliminação/isolamento de perigos no pavimento e incumprimento de práticas seguras de operação de MEWPs.

			exteriores). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		aplicado a trabalhos exteriores]. Convergência causal: Capotamento da scissor lift após entrada da roda em depressão -> Capotamento (MEWP – scissor lift).	
88	09KY034	Queda em altura (plataforma improvisada em PIT). Existia elevador operacional e carrinho de lajes disponível no local	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda da caixa artesanal com o trabalhador ao sair pela janela. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Instabilidade por falta de fixação da caixa ao empilhador. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada do método de transporte/elevação, uso indevido de PIT, ausência de planeamento e de controlo por pessoa competente. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Caixa artesanal não projetada para ocupação humana; Fixação inexistente à máquina) e organizacionais (Subempreiteiro sem programa de segurança escrito; Coordenação insuficiente do empreiteiro geral no dia do trabalho). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal	Imediata: Queda da caixa artesanal com o trabalhador ao sair pela janela; Contributiva: Instabilidade por falta de fixação da caixa ao empilhador; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada do método de transporte/elevação, uso indevido de PIT, ausência de planeamento e de controlo por pessoa competente	Ramos antecedentes: ações inseguras [Uso de caixa artesanal não certificada para acesso humano; Saída do trabalhador pela janela para a caixa elevada]; condições inseguras [Plataforma improvisada sem guardas; Ausência de fixação mecânica da caixa às forquilhas]; desvios [Não utilização de carrinho de lajes (slab cart) e elevador; Uso indevido de PIT para elevação/acesso de pessoas]. Fatores intermédios: humanos [Tentativa de alcançar o último elemento para manter produtividade; Subestimação do risco de instabilidade]; técnicos [Caixa artesanal não projetada para ocupação humana; Fixação inexistente à máquina]; organizacionais [Subempreiteiro sem programa de segurança escrito; Coordenação insuficiente do empreiteiro geral no dia do trabalho]. Convergência causal: Queda da caixa artesanal com o trabalhador ao sair pela	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: seleção inadequada do método de transporte/elevação, uso indevido de PIT, ausência de planeamento e de controlo por pessoa competente.

			mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		janela -> Queda em altura (plataforma improvisada em PIT).	
89	13KY059	Queda individual em altura (fatores ambientais – vento). Os trabalhadores estavam a planear o tie-off, mas ainda não tinham colocado o EPI	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador após rajada de vento. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Acesso à cobertura sem proteção contra quedas instalada. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do trabalho em altura, ausência de aplicação imediata de proteção contra quedas e falha na gestão de riscos ambientais. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Rajadas de vento superiores a limites seguros; Ausência de qualquer sistema de retenção ou arresto de queda) e organizacionais (Ausência de plano escrito de proteção contra quedas; Formação em proteção contra quedas não documentada). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Queda do trabalhador após rajada de vento; Contributiva: Acesso à cobertura sem proteção contra quedas instalada; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do trabalho em altura, ausência de aplicação imediata de proteção contra quedas e falha na gestão de riscos ambientais	Ramos antecedentes: ações inseguras [Acesso à cobertura sem estar ancorado; Presença simultânea de dois trabalhadores no bordo]; condições inseguras [Cobertura sem ancoragens instaladas; Exposição direta a rajadas de vento]; desvios [Não utilização de proteção contra quedas desde o primeiro acesso; Não suspensão dos trabalhos face às condições de vento]. Fatores intermédios: humanos [Subestimação do risco associado ao vento; Confiança excessiva durante tarefa inicial aparentemente simples]; técnicos [Rajadas de vento superiores a limites seguros; Ausência de qualquer sistema de retenção ou arresto de queda]; organizacionais [Ausência de plano escrito de proteção contra quedas; Formação em proteção contra quedas não documentada]. Convergência causal: Queda do trabalhador após rajada de vento -> Queda individual em altura (fatores ambientais – vento).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do trabalho em altura, ausência de aplicação imediata de proteção contra quedas e falha na gestão de riscos ambientais.

90	14KY030	Queda em altura (falha de sistema antiqueda). A empresa tinha histórico de citações por falta de proteção contra quedas	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Ruptura da linha de vida durante a tarefa. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Uso de equipamento de proteção degradado. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de programa de proteção contra quedas, ausência de inspeção/manutenção de EPI e cultura organizacional permissiva a práticas inseguras. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Falha por fadiga/abrasão da corda; Componentes metálicos corroídos) e organizacionais (Empresa sem programa de segurança escrito; Formação em proteção contra quedas inexistente ou não documentada). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Ruptura da linha de vida durante a tarefa; Contributiva: Uso de equipamento de proteção degradado; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de programa de proteção contra quedas, ausência de inspeção/manutenção de EPI e cultura organizacional permissiva a práticas inseguras	Ramos antecedentes: ações inseguras [Utilização de corda visivelmente degradada; Trabalho no leading edge com sistema não certificado]; condições inseguras [Corda envelhecida, frágil e possivelmente cortada por abrasão; Conectores com corrosão (ferrugem)]; desvios [Não inspeção do EPI antes do uso; Ausência de programa escrito de proteção contra quedas]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva no uso do EPI; Pressa para concluir trabalhos antes da chuva]; técnicos [Falha por fadiga/abrasão da corda; Componentes metálicos corroídos]; organizacionais [Empresa sem programa de segurança escrito; Formação em proteção contra quedas inexistente ou não documentada]. Convergência causal: Ruptura da linha de vida durante a tarefa -> Queda em altura (falha de sistema antiqueda).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de programa de proteção contra quedas, ausência de inspeção/manutenção de EPI e cultura organizacional permissiva a práticas inseguras.
91	13MA02601	Queda em altura (escada fixa). O acesso ao telhado	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador a partir da escada fixa. 2.º Porquê: esta condição foi	Imediata: Queda do trabalhador a partir da escada fixa; Contributiva:	Ramos antecedentes: ações inseguras [Utilização da escada fixa para transportar materiais; Manuseamento de carga no topo	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de

		era exclusivamente por escada fixa, sem alternativas seguras	favorecida por Manuseamento de materiais no topo da escada sem meios mecânicos. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do acesso ao telhado, ausência de meios de elevação de materiais, formação insuficiente e responsabilidades mal definidas em contexto de trabalho temporário. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Escada fixa inadequada para transporte de cargas; Altura significativa de queda) e organizacionais (Falhas contratuais entre empresa de trabalho temporário e empregador anfitrião; Responsabilidades de formação e segurança mal definidas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Manuseamento de materiais no topo da escada sem meios mecânicos; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do acesso ao telhado, ausência de meios de elevação de materiais, formação insuficiente e responsabilidades mal definidas em contexto de trabalho temporário	da escada]; condições inseguras [Ausência de mecanismo de elevação de materiais; Escada fixa como único meio de acesso ao telhado]; desvios [Não fornecimento de formação em segurança de escadas; Não implementação de método alternativo (polia/guincho)]. Fatores intermédios: humanos [Inexperiência específica na tarefa atribuída; Confiança no acompanhamento do supervisor]; técnicos [Escada fixa inadequada para transporte de cargas; Altura significativa de queda]; organizacionais [Falhas contratuais entre empresa de trabalho temporário e empregador anfitrião; Responsabilidades de formação e segurança mal definidas]. Convergência causal: Queda do trabalhador a partir da escada fixa -> Queda em altura (escada fixa).	Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do acesso ao telhado, ausência de meios de elevação de materiais, formação insuficiente e responsabilidades mal definidas em contexto de trabalho temporário.
92	15MA03701	Queda em altura (escada extensível). Outras escadas no local tinham estabilizadores, mas	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Deslizamento da base da escada e queda do trabalhador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Utilização de escada inadequada e base instável. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha	Imediata: Deslizamento da base da escada e queda do trabalhador; Contributiva: Utilização de escada inadequada e base instável; Raiz predominante: Falha	Ramos antecedentes: ações inseguras [Utilização de escada com capacidade inferior ao peso do trabalhador; Instalação da escada sobre base não nivelada]; condições inseguras [Pavimento irregular e escorregadio; Escada sem fixação na base e	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha

		não a utilizada pela vítima	sistémica de gestão da segurança: seleção incorreta do meio de acesso, ausência de formação e de procedimentos formais para trabalhos em altura. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Sobrecarga da escada (peso do trabalhador excedendo 300 lb); Deslizamento lateral da base) e organizacionais (Empresa sem programa formal de segurança e saúde; Formação específica em escadas inexistente). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	sistémica de gestão da segurança: seleção incorreta do meio de acesso, ausência de formação e de procedimentos formais para trabalhos em altura	no topo]; desvios [Não seleção de escada com duty rating adequado; Não nivelamento/estabilização da base]. Fatores intermédios: humanos [Normalização do risco em tarefas rotineiras; Possível confiança excessiva na experiência]; técnicos [Sobrecarga da escada (peso do trabalhador excedendo 300 lb); Deslizamento lateral da base]; organizacionais [Empresa sem programa formal de segurança e saúde; Formação específica em escadas inexistente]. Convergência causal: Deslizamento da base da escada e queda do trabalhador -> Queda em altura (escada extensível).	sistémica de gestão da segurança: seleção incorreta do meio de acesso, ausência de formação e de procedimentos formais para trabalhos em altura.
93	07KY071	Queda individual em altura (steel decking). Todos os trabalhadores usavam arnês, mas nenhum estava ancorado	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do encarregado ao caminhar sobre steel decking. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Não utilização de sistema de ancoragem apesar de uso de arnês. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de proteção coletiva, tolerância organizacional ao não uso efetivo de PFAS e fiscalização inadequada em trabalhos em altura. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada	Imediata: Queda do encarregado ao caminhar sobre steel decking; Contributiva: Não utilização de sistema de ancoragem apesar de uso de arnês; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de proteção coletiva, tolerância organizacional ao não uso	Ramos antecedentes: ações inseguras [Circulação sobre decking sem proteção coletiva; Não utilização de ancoragem apesar de uso de arnês]; condições inseguras [Decking metálico não completamente fixado; Ausência de guarda-corpos ou redes]; desvios [Não utilização efetiva do sistema antiqueda; Ausência de plano específico de proteção para steel decking]. Fatores intermédios: humanos [Normalização do risco em tarefas de supervisão; Confiança	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de proteção coletiva, tolerância organizacional ao não uso efetivo de PFAS e fiscalização

			por fatores técnicos (Superfície metálica sem proteção periférica; Altura significativa de queda (~18 ft)) e organizacionais (Cultura permissiva quanto ao não uso de tie-off; Falha na aplicação das regras apesar de formação existente). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	efetivo de PFAS e fiscalização inadequada em trabalhos em altura	excessiva na experiência]; técnicos [Superfície metálica sem proteção periférica; Altura significativa de queda (~18 ft)]; organizacionais [Cultura permissiva quanto ao não uso de tie-off; Falha na aplicação das regras apesar de formação existente]. Convergência causal: Queda do encarregado ao caminhar sobre steel decking -> Queda individual em altura (steel decking).	inadequada em trabalhos em altura.
94	22CA0 03	Colapso estrutural local (vala / escavação). O resgate demorou várias horas; a vítima ficou totalmente submersa em lama	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Soterramento e asfixia após inundação da vala. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Escavação sem proteção e sem controlo de utilidades. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento de escavações, ausência de pessoa competente, não cumprimento de requisitos legais e utilização de mão-de-obra não treinada. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Profundidade significativa da vala (~8 ft); Falha súbita de linha de água pressurizada) e organizacionais (Empregador sem programa de segurança escrito; Contratação de trabalhadores	Imediata: Soterramento e asfixia após inundação da vala; Contributiva: Escavação sem proteção e sem controlo de utilidades; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento de escavações, ausência de pessoa competente, não cumprimento de requisitos legais e utilização de mão-de-obra não treinada	Ramos antecedentes: ações inseguras [Entrada em vala profunda sem escoramento; Continuação do trabalho após exposição de linha de água pressurizada]; condições inseguras [Vala >5 ft sem sistema de proteção; Linha de água não identificada nem isolada]; desvios [Não obtenção de licenças para escavação; Não desligar/utilizar deteção de utilidades]. Fatores intermédios: humanos [Trabalhadores sem formação específica; Pressão para concluir reparação rapidamente]; técnicos [Profundidade significativa da vala (~8 ft); Falha súbita de linha de água pressurizada]; organizacionais [Empregador sem programa de segurança escrito; Contratação de trabalhadores diaristas sem treino]. Convergência causal:	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento de escavações, ausência de pessoa competente, não cumprimento de requisitos legais e utilização de mão-de-obra não treinada.

			diaristas sem treino). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		Soterramento e asfixia após inundação da vala -> Colapso estrutural local (vala / escavação).	
95	22KY011	Queda em altura (cobertura). Equipamento de proteção contra quedas estava disponível, mas armazenado na viatura.	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador da cobertura. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Não utilização de proteção contra quedas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de políticas escritas, ausência de análise de riscos e falha na aplicação do uso obrigatório de proteção contra quedas em trabalhos em altura. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Altura de queda significativa (~18 ft); Ausência de sistemas passivos de proteção) e organizacionais (Empreiteiros sem programas escritos de segurança; Formação informal e não documentada). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Queda do trabalhador da cobertura; Contributiva: Não utilização de proteção contra quedas; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de políticas escritas, ausência de análise de riscos e falha na aplicação do uso obrigatório de proteção contra quedas em trabalhos em altura	Ramos antecedentes: ações inseguras [Trabalho em altura sem uso de proteção contra quedas; Retorno ao telhado sozinho após pausa]; condições inseguras [Cobertura sem proteção coletiva; Ausência de ancoragens instaladas]; desvios [Não realização de JHA antes da atividade; Não cumprimento das regras de uso obrigatório de PFAS]. Fatores intermédios: humanos [Possível pressa após pausa; Normalização do risco em tarefas rotineiras]; técnicos [Altura de queda significativa (~18 ft); Ausência de sistemas passivos de proteção]; organizacionais [Empreiteiros sem programas escritos de segurança; Formação informal e não documentada]. Convergência causal: Queda do trabalhador da cobertura -> Queda em altura (cobertura).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de políticas escritas, ausência de análise de riscos e falha na aplicação do uso obrigatório de proteção contra quedas em trabalhos em altura.

96	23KY005	Eletrocussão (MEWP + linhas aéreas). O estacionamento traseiro oferecia maior afastamento das linhas, mas não foi utilizado	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Contacto do trabalhador com linha aérea energizada. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Operação do boom lift demasiado próximo das linhas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de análise prévia de riscos elétricos, planeamento inadequado do posicionamento do MEWP e falta de formação/proteção específica para trabalhos próximos de linhas energizadas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (MEWP sem sistemas de limitação de aproximação; Exposição direta a linhas aéreas energizadas) e organizacionais (Programa de segurança desconhecido ou inexistente; Formação em riscos elétricos não evidenciada). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Contacto do trabalhador com linha aérea energizada; Contributiva: Operação do boom lift demasiado próximo das linhas; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de análise prévia de riscos elétricos, planeamento inadequado do posicionamento do MEWP e falta de formação/proteção específica para trabalhos próximos de linhas energizadas	Ramos antecedentes: ações inseguras [Operação de MEWP a menos de 10 ft de linhas energizadas; Descida do cesto em condições de vento]; condições inseguras [Clareira muito reduzida entre edifício e linhas aéreas (~8 ft); Linhas energizadas sem proteção isolante]; desvios [Não realização de JHA para risco elétrico; Não cumprimento da distância mínima de segurança (≥10 ft)]. Fatores intermédios: humanos [Erro de perceção espacial durante a manobra; Subestimação do risco elétrico]; técnicos [MEWP sem sistemas de limitação de aproximação; Exposição direta a linhas aéreas energizadas]; organizacionais [Programa de segurança desconhecido ou inexistente; Formação em riscos elétricos não evidenciada]. Convergência causal: Contacto do trabalhador com linha aérea energizada -> Eletrocussão (MEWP + linhas aéreas).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de análise prévia de riscos elétricos, planeamento inadequado do posicionamento do MEWP e falta de formação/proteção específica para trabalhos próximos de linhas energizadas.
97	23KY0 0901	Queda em altura (claraboia). A vítima alertou verbalmente para o	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador através de claraboia. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de proteção física nas claraboias.	Imediata: Queda do trabalhador através de claraboia; Contributiva: Ausência de proteção física	Ramos antecedentes: ações inseguras [Circulação em cobertura sem proteção contra quedas; Passo sobre claraboia não resistente a carga humana]; condições	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos

		risco das claraboias pouco antes do acidente	3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de controlos de engenharia para aberturas em cobertura, ausência de análise prévia de riscos e falha na aplicação do uso obrigatório de proteção contra quedas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Claraboias não concebidas para suportar carga humana; Altura de queda elevada (~25 ft)) e organizacionais (Falha na aplicação prática do programa de segurança existente; Fiscalização insuficiente do cumprimento das regras). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	nas claraboias; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de controlos de engenharia para aberturas em cobertura, ausência de análise prévia de riscos e falha na aplicação do uso obrigatório de proteção contra quedas	inseguras [Claraboias não guardadas nem sinalizadas; Ausência de redes, grelhas ou guarda-corpos]; desvios [Não realização de JHA antes da inspeção; Não aplicação das regras internas de uso de PFAS]. Fatores intermédios: humanos [Foco na tarefa (inspeção) com perda de consciência situacional; Confiança excessiva baseada na experiência]; técnicos [Claraboias não concebidas para suportar carga humana; Altura de queda elevada (~25 ft)]; organizacionais [Falha na aplicação prática do programa de segurança existente; Fiscalização insuficiente do cumprimento das regras]. Convergência causal: Queda do trabalhador através de claraboia -> Queda em altura (claraboia).	antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de controlos de engenharia para aberturas em cobertura, ausência de análise prévia de riscos e falha na aplicação do uso obrigatório de proteção contra quedas.
98	23KY096	Queda em altura (escada de degraus). Scissor lifts estavam disponíveis e eram adequadas para a tarefa	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador após perda de estabilidade da escada. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Alcance fora dos montantes laterais. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de análise prévia de riscos, seleção inadequada do	Imediata: Queda do trabalhador após perda de estabilidade da escada; Contributiva: Alcance fora dos montantes laterais; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de	Ramos antecedentes: ações inseguras [Alcance além dos montantes laterais da escada; Uso de escada curta para tarefa acima do alcance seguro]; condições inseguras [Escada inadequada para a altura da tarefa; Superfície rígida abaixo do ponto de trabalho]; desvios [Não realização de JHA para seleção do equipamento; Não escolha do	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: ausência de análise

			meio de acesso e inexistência de um programa formal de segurança. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Estabilidade limitada da escada de degraus; Perda de centro de gravidade por alcance lateral) e organizacionais (Empresa sem programa formal de segurança e saúde; Formação em segurança de escadas inexistente ou não documentada). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	análise prévia de riscos, seleção inadequada do meio de acesso e inexistência de um programa formal de segurança	equipamento que reduzisse o risco (MEWP)]. Fatores intermédios: humanos [Normalização do risco em tarefas rotineiras; Confiança excessiva na experiência]; técnicos [Estabilidade limitada da escada de degraus; Perda de centro de gravidade por alcance lateral]; organizacionais [Empresa sem programa formal de segurança e saúde; Formação em segurança de escadas inexistente ou não documentada]. Convergência causal: Queda do trabalhador após perda de estabilidade da escada -> Queda em altura (escada de degraus).	prévia de riscos, seleção inadequada do meio de acesso e inexistência de um programa formal de segurança.
99	24KY022	ueda em altura (plataforma improvisada em PIT). Após o acidente, a empresa implementou plataformas com guarda-corpos e trabalho a dois	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador de pallet elevado. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Uso de plataforma improvisada em empilhador. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: não eliminação do trabalho em altura por meios de engenharia, tolerância organizacional a desvios de procedimento e ausência de auditorias eficazes. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Pallet não concebido para suporte humano; Ausência de plataforma certificada) e	Imediata: Queda do trabalhador de pallet elevado; Contributiva: Uso de plataforma improvisada em empilhador; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: não eliminação do trabalho em altura por meios de engenharia, tolerância organizacional a desvios de procedimento e ausência de auditorias eficazes	Ramos antecedentes: ações inseguras [Permanecer sobre pallet elevado por empilhador; Executar tarefa sozinho com carga pesada]; condições inseguras [Plataforma improvisada sem guarda-corpos; Altura de trabalho acima do solo sem proteção]; desvios [Não utilização do método aprovado com escada; Ausência de controlo para impedir práticas inseguras recorrentes]. Fatores intermédios: humanos [Normalização de desvios operacionais; Execução rotineira de tarefa com risco subestimado]; técnicos [Pallet não concebido para suporte humano;	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: não eliminação do trabalho em altura por meios de engenharia, tolerância organizacional a desvios de procedimento e ausência de auditorias eficazes.

			organizacionais (Procedimentos não suficientemente robustos; Auditorias insuficientes para detetar não conformidades). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		Ausência de plataforma certificada]; organizacionais [Procedimentos não suficientemente robustos; Auditorias insuficientes para detetar não conformidades]. Convergência causal: Queda do trabalhador de pallet elevado -> ueda em altura (plataforma improvisada em PIT).	
100	22KY096	Queda em altura (claraboia). Após o óbito, um familiar não-empregado caiu por outra claraboia adjacente	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador através de claraboia. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de proteção física das claraboias. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de análise prévia de riscos, ausência de medidas de engenharia para aberturas em cobertura e falha grave no controlo e segregação da área após o acidente. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Claraboias em fibra de vidro não projetadas para carga humana; Altura de queda elevada (~30 ft)) e organizacionais (Empresa sem programa de segurança escrito; Formação inexistente em riscos de quedas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal	Imediata: Queda do trabalhador através de claraboia; Contributiva: Ausência de proteção física das claraboias; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de análise prévia de riscos, ausência de medidas de engenharia para aberturas em cobertura e falha grave no controlo e segregação da área após o acidente	Ramos antecedentes: ações inseguras [Circulação em cobertura sem proteção contra quedas; Passo sobre claraboia não resistente]; condições inseguras [Claraboias não guardadas nem sinalizadas; Ausência de redes, grelhas ou guarda-corpos]; desvios [Não realização de JHA antes dos trabalhos; Não proteção das claraboias conforme requisitos legais]. Fatores intermédios: humanos [Falha no reconhecimento do risco das claraboias; Normalização do risco em coberturas de baixa inclinação]; técnicos [Claraboias em fibra de vidro não projetadas para carga humana; Altura de queda elevada (~30 ft)]; organizacionais [Empresa sem programa de segurança escrito; Formação inexistente em riscos de quedas]. Convergência causal: Queda do trabalhador	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: inexistência de análise prévia de riscos, ausência de medidas de engenharia para aberturas em cobertura e falha grave no controlo e segregação da área após o acidente.

			mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.		através de claraboia -> Queda em altura (claraboia).	
101	17MI128	Queda em altura (transição lift–cobertura). A vítima era o responsável pela segurança no local	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Escorregamento e queda do trabalhador da cobertura. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Transição insegura entre lift e cobertura em condições adversas. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do acesso à cobertura, não aplicação de proteção contra quedas e desconsideração das condições ambientais. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Superfície metálica molhada; Efeito vela do painel OSB sob vento) e organizacionais (Programa de segurança existente mas não implementado no terreno; Falha de liderança na aplicação das regras). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	Imediata: Escorregamento e queda do trabalhador da cobertura; Contributiva: Transição insegura entre lift e cobertura em condições adversas; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do acesso à cobertura, não aplicação de proteção contra quedas e desconsideração das condições ambientais	Ramos antecedentes: ações inseguras [Saída do lift diretamente para a cobertura; Manuseamento de painel OSB durante a transição]; condições inseguras [Cobertura metálica escorregadia; Ausência de pontos de ancoragem]; desvios [Não utilização de PFAS apesar de disponível; Não suspensão do trabalho face às condições ambientais]. Fatores intermédios: humanos [Confiança excessiva baseada na experiência; Aceitação do risco para manter a produtividade]; técnicos [Superfície metálica molhada; Efeito vela do painel OSB sob vento]; organizacionais [Programa de segurança existente mas não implementado no terreno; Falha de liderança na aplicação das regras]. Convergência causal: Escorregamento e queda do trabalhador da cobertura -> Queda em altura (transição lift–cobertura).	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado do acesso à cobertura, não aplicação de proteção contra quedas e desconsideração das condições ambientais.
102	16MI090	Queda individual em altura (escada	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Deslizamento da escada para o poço e	Imediata: Deslizamento da escada para o poço e queda	Ramos antecedentes: ações inseguras [Desengatar a linha de vida antes de sair da	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os

		em abertura vertical). A escada estava sem a corda do fabricante e com pitch excessivo	queda do trabalhador. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Desengate do SRL e ajuste da escada enquanto ocupada. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado da sequência de remoção da escada, controlo deficiente de aberturas verticais e aplicação insuficiente das regras de proteção contra quedas. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Escada defeituosa/incompleta; Deslizamento da base por falta de fixação) e organizacionais (Aplicação insuficiente do APP na fase crítica; Fiscalização ineficaz no momento da remoção da escada). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	do trabalhador; Contributiva: Desengate do SRL e ajuste da escada enquanto ocupada; Raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado da sequência de remoção da escada, controlo deficiente de aberturas verticais e aplicação insuficiente das regras de proteção contra quedas	escada; Ajustar/retrair a escada enquanto ocupada]; condições inseguras [Base e topo da escada não fixados; Ângulo/pitch inadequado da escada]; desvios [Não manter proteção antiqueda durante toda a tarefa; Não remover a escada a partir do piso com a escada desocupada]. Fatores intermédios: humanos [Sequência de tarefas insegura (desengate prematuro); Confiança excessiva na experiência]; técnicos [Escada defeituosa/incompleta; Deslizamento da base por falta de fixação]; organizacionais [Aplicação insuficiente do APP na fase crítica; Fiscalização ineficaz no momento da remoção da escada]. Convergência causal: Deslizamento da escada para o poço e queda do trabalhador -> Queda individual em altura (escada em abertura vertical).	níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha sistémica de gestão da segurança: planeamento inadequado da sequência de remoção da escada, controlo deficiente de aberturas verticais e aplicação insuficiente das regras de proteção contra quedas.
10 3	16MA0 0101	Queda individual em altura (top plate). O encarregado alertou verbalmente a	1.º Porquê: o evento ocorreu devido a Queda do trabalhador a partir do top plate. 2.º Porquê: esta condição foi favorecida por Ausência de proteção contra quedas em borda exterior. 3.º Porquê: o fator contributivo remete para Falha sistémica de	Imediata: Queda do trabalhador a partir do top plate; Contributiva: Ausência de proteção contra quedas em borda exterior; Raiz predominante: Falha	Ramos antecedentes: ações inseguras [Subida ao top plate sem proteção contra quedas; Execução da tarefa fora da escada]; condições inseguras [Borda exterior do 2.º piso sem guarda-corpos; Ausência de redes ou plataformas de trabalho]; desvios [Não	Os 5 Porquês aprofundaram a sequência; o RCA classificou os níveis causais; e a Árvore de Causas integrou os ramos antecedentes. Convergência na causa-raiz predominante: Falha

	vítima pouco antes do acidente	gestão da segurança: inexistência de planeamento e implementação de proteção coletiva/individual para trabalhos em bordas e falta de formação e enforcement em contexto de construção residencial. 4.º Porquê: a cadeia foi sustentada por fatores técnicos (Top plate estreito sem superfície de trabalho; Altura de queda elevada (~24 ft)) e organizacionais (Empresa sem programa formal de segurança; Formação inexistente em proteção contra quedas). 5.º Porquê: o aprofundamento terminou no nível causal mais profundo documentalmente suportado, sem extrapolação além do relatório.	sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento e implementação de proteção coletiva/individual para trabalhos em bordas e falta de formação e enforcement em contexto de construção residencial	aplicação obrigatória de proteção contra quedas ≥6 ft; Não instalação de proteção coletiva temporária]. Fatores intermédios: humanos [Perda momentânea de equilíbrio ao descer; Confiança excessiva em tarefa rotineira]; técnicos [Top plate estreito sem superfície de trabalho; Altura de queda elevada (~24 ft)]; organizacionais [Empresa sem programa formal de segurança; Formação inexistente em proteção contra quedas]. Convergência causal: Queda do trabalhador a partir do top plate -> Queda individual em altura (top plate).	sistémica de gestão da segurança: inexistência de planeamento e implementação de proteção coletiva/individual para trabalhos em bordas e falta de formação e enforcement em contexto de construção residencial.

APÊNDICE C - CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ESTUDOS INCLUÍDOS

O presente apêndice reúne a caracterização individual e a apreciação metodológica dos 100 estudos incluídos na revisão estruturada da literatura. A informação foi organizada em três tabelas complementares para assegurar a legibilidade e facilitar a consulta.

Tabela C.1 - Caracterização bibliográfica e metodológica dos estudos incluídos

Tabela C.2 - Resultados, limitações, potenciais vieses e relevância dos estudos incluídos

Tabela C.3 - Apreciação metodológica dos estudos incluídos

Tabela C.1 - Caracterização bibliográfica e metodológica dos estudos incluídos

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
1	Zhou et al. (2015)	Internacional	Rever e sistematizar a investigação sobre gestão da segurança na construção, identificando tendências, temas e lacunas.	Estudos de segurança na construção selecionados por um procedimento de revisão em cinco etapas.	Revisão sistemática / meta-análise
2	Shin et al. (2015)	Coreia do Sul	Identificar os fatores que contribuem para acidentes durante a montagem e desmontagem de gruas-torre.	38 acidentes fatais com gruas-torre ocorridos na Coreia do Sul entre 2001 e 2011, complementados por grupos focais.	Estudo qualitativo (entrevistas/grupos focais)

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
3	Salguero-Caparros et al. (2015)	Espanha	Analisar a qualidade e o conteúdo dos relatórios de investigação de acidentes ocupacionais.	567 investigações realizadas por técnicos de SST em Espanha, entre 2009 e 2012, em vários setores, incluindo a construção.	Análise documental
4	Rowlinson & Jia (2015)	Hong Kong	Analisar a causalidade de casos de doença provocada pelo calor em estaleiros a partir de uma perspetiva institucional e sistémica.	216 trabalhadores de 29 estaleiros, incluindo 36 incidentes críticos de doença pelo calor.	Estudo qualitativo (entrevistas/grupos focais)
5	Awwad et al. (2016)	Líbano	Avaliar práticas e desafios da segurança na construção num país em desenvolvimento do Médio Oriente.	Entrevistas individuais com empreiteiros, consultores, donos de obra, seguradoras e outras partes interessadas no Líbano.	Estudo qualitativo (entrevistas/grupos focais)
6	Konda et al. (2016)	Estados Unidos	Caracterizar traumatismos cranioencefálicos fatais na construção e identificar grupos de maior risco.	2.210 traumatismos cranioencefálicos fatais registados no CFOI, nos Estados Unidos, entre 2003 e 2010.	Estudo observacional / analítico
7	Lowe et al. (2016)	Estados Unidos	Caracterizar investigações de lesões graves e fatais associadas a pistolas pneumáticas de pregos.	258 investigações da base OSHA Fatality and Catastrophe Investigation Summaries, entre 1985 e 2012.	Estudo observacional / analítico
8	Tadesse & Israel (2016)	Etiópia	Estimar a prevalência de lesões e identificar fatores associados entre trabalhadores da construção de edifícios.	544 trabalhadores da construção em Adis Abeba, Etiópia.	Estudo transversal
9	Nadhim et al. (2016)	Internacional	Rever criticamente a evidência científica sobre quedas em altura na construção.	297 artigos identificados, dos quais 75 foram incluídos na síntese crítica.	Revisão sistemática / meta-análise

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
10	Choe et al. (2016)	Estados Unidos	Avaliar o efeito da revisão da norma OSHA para montagem de estruturas metálicas.	Dados do Bureau of Labor Statistics antes e depois da aplicação da OSHA 29 CFR 1926, Subpart R.	Estudo observacional / analítico
11	Nielsen (2017)	Dinamarca e Suécia	Comparar as práticas de inspeção do trabalho na construção na Dinamarca e na Suécia.	Procedimentos, documentos e práticas das autoridades laborais dinamarquesa e sueca.	Inquérito / estudo transversal
12	Giraudo et al. (2017)	Itália	Comparar o risco de lesão de trabalhadores migrantes e não migrantes, considerando ocupação e antiguidade.	Registos de acidentes de trabalho em Itália com informação sobre nacionalidade, ocupação e tempo no emprego.	Estudo observacional / analítico
13	Dong et al. (2017)	Estados Unidos	Analisar quedas fatais e utilização de sistemas pessoais de proteção contra quedas em relatórios FACE.	Relatórios FACE/NIOSH de quedas fatais na construção nos Estados Unidos.	Estudo observacional / analítico
14	Yi & Chan (2017)	Hong Kong	Quantificar o efeito do stresse térmico na produtividade de trabalhadores da construção.	Estudo de caso com trabalhadores de armaduras em Hong Kong, incluindo medições fisiológicas, ambientais e de produtividade.	Estudo de caso qualitativo
15	Tözer et al. (2018)	Norte de Chipre	Classificar os acidentes da construção no Norte de Chipre e identificar os padrões predominantes.	3.004 vítimas registadas entre 1994 e 2004, das quais 793 pertenciam à construção.	Estudo observacional / analítico
16	Yi (2018)	Coreia do Sul	Identificar grupos de elevado risco entre trabalhadores coreanos com 50 ou mais anos.	Dados nacionais de acidentes ocupacionais fatais de trabalhadores coreanos com 50 ou mais anos.	Estudo observacional / analítico

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
17	Kazan & Usmen (2018)	Estados Unidos	Analisar fatores associados à gravidade das lesões em acidentes com equipamentos de movimentação de terras.	Acidentes OSHA envolvendo retroescavadoras, bulldozers, escavadoras e scrapers.	Estudo observacional / analítico
18	Bachelet et al. (2018)	Chile	Caracterizar as lesões laborais fatais ocorridas no Chile em 2014.	Registos nacionais chilenos de mortes relacionadas com o trabalho em 2014.	Estudo transversal
19	Tang et al. (2017)	China	Descrever o tratamento de um trabalhador politraumatizado por penetração de barras metálicas.	Relato clínico de um único caso de trauma penetrante do tórax e da cabeça.	Relato de caso
20	Al-Bayati & York (2018)	Estados Unidos	Caracterizar acidentes fatais de trabalhadores hispânicos na construção dos Estados Unidos.	92 relatórios de investigação FACE, com análise específica das quedas fatais.	Análise documental
21	Win et al. (2018)	Brunei	Descrever as fatalidades ocupacionais no Brunei e os setores e mecanismos mais relevantes.	Registos nacionais de mortes ocupacionais no Brunei Darussalam.	Estudo observacional retrospetivo
22	Mohandes et al. (2022)	Internacional	Identificar e hierarquizar causas interdependentes de acidentes em estaleiros.	Painel de especialistas e aplicação combinada de fuzzy Delphi e DEMATEL a 47 subcausas inicialmente identificadas.	Estudo qualitativo (entrevistas/grupos focais)
23	Zhang et al. (2019)	China	Avaliar a aplicabilidade de diferentes métodos de análise de acidentes ao contexto da construção chinesa.	Acidentes de construção chineses analisados por métodos lineares e sistémicos, incluindo HFACS, AcciMap e STAMP.	Estudo observacional / analítico
24	Ayhan & Tokdemir (2019)	Estados Unidos	Desenvolver modelos para prever o desfecho de incidentes na construção.	Base de dados de incidentes de construção com variáveis do trabalhador, tarefa, ambiente e evento.	Modelação estatística / aprendizagem automática

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
25	Hoła et al. (2017)	Polónia	Identificar fatores que influenciam a taxa de acidentes na construção.	Dados estatísticos de acidentes da construção na Polónia.	Inquérito / estudo transversal
26	Shao et al. (2019)	China	Identificar padrões temporais, geográficos e causais dos acidentes fatais na construção de edifícios na China.	Registos de acidentes fatais de construção de edifícios na China.	Estudo observacional / analítico
27	Shafique & Rafiq (2019)	Hong Kong	Analisar tendências recentes dos acidentes ocupacionais na construção de Hong Kong.	Relatórios anuais do Departamento do Trabalho de Hong Kong, de 2011 a 2017.	Estudo observacional / analítico
28	Choi et al. (2019)	Estados Unidos, Coreia do Sul e China	Comparar os perfis de lesões ocupacionais fatais na construção em três países.	Dados oficiais de 2011 a 2015 dos Estados Unidos, Coreia do Sul e China.	Estudo observacional / analítico
29	Betsis et al. (2019)	Grécia	Analisar associações entre características dos acidentes em projetos de construção no Norte da Grécia.	Registos retrospetivos de acidentes de construção ocorridos entre 2003 e 2007.	Estudo observacional retrospetivo
30	Yiu et al. (2019)	Hong Kong	Avaliar benefícios e obstáculos da implementação de sistemas de gestão da segurança em projetos de construção.	Inquérito a profissionais e intervenientes em projetos de construção de Hong Kong.	Inquérito / estudo transversal
31	Liang & Fung (2019)	China	Avaliar a influência das flutuações macroeconómicas e industriais nas fatalidades da construção na China.	Séries temporais de fatalidades, emprego, produção e indicadores macroeconómicos chineses.	Estudo observacional / analítico

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
32	Lombardi et al. (2019)	União Europeia / Itália	Desenvolver perfis de risco a partir da base europeia ESAW para apoiar a prevenção na construção.	Registos da European Statistics on Accidents at Work aplicados a um estudo de caso de estaleiros.	Estudo de caso qualitativo
33	Yang et al. (2020)	Estados Unidos (Oregon)	Examinar a associação entre horas de trabalho e lesões ou doenças ocupacionais na construção.	Pedidos aceites de compensação laboral incapacitante na construção do Oregon, entre 2007 e 2013.	Estudo observacional / analítico
34	Abdul Halim et al. (2020)	Malásia	Identificar as causas das fatalidades na construção da Malásia.	145 fatalidades investigadas pelo DOSH entre 2013 e 2018.	Estudo conceptual / desenvolvimento de modelo
35	Azmi et al. (2020)	Malásia	Avaliar a relação entre implementação da segurança e ocorrência de acidentes na construção malaia.	139 participantes de seis estaleiros no leste da Malásia.	Estudo observacional / analítico
36	Khahro et al. (2020)	Paquistão	Comparar acidentes ocupacionais e respetivas causas na construção e na indústria transformadora.	Análise qualitativa e comparativa de dados e evidência sobre os dois setores no Paquistão.	Estudo observacional / analítico
37	Duryan et al. (2020)	Reino Unido / internacional	Analisar como o conhecimento de SST é transferido e incorporado numa cultura de aprendizagem nas empresas de construção.	Dados empíricos de empresas e profissionais da construção sobre mecanismos de aprendizagem e partilha de conhecimento.	Estudo observacional / analítico
38	Ashuro et al. (2021)	Etiópia	Estimar a prevalência de lesões e sintetizar os respetivos determinantes entre trabalhadores da construção na Etiópia.	Revisão sistemática e meta-análise de estudos etíopes sobre lesões ocupacionais na construção.	Revisão sistemática / meta-análise
39	Xu et al. (2021)	China	Caracterizar os acidentes fatais da construção na China entre 2010 e 2019.	6.005 acidentes fatais, causando 7.275 mortes; 258 acidentes maiores ou graves causaram 1.037 mortes.	Estudo observacional / analítico

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
40	Lee et al. (2021)	Estados Unidos	Explorar a relação entre conforto térmico, condições meteorológicas e fatalidades ou lesões na construção.	Dados de acidentes da construção combinados com indicadores meteorológicos e análise de importância relativa.	Estudo observacional / analítico
41	Edwin et al. (2021)	Noruega	Explicar por que a construção apresenta maior mortalidade ocupacional do que a indústria petrolífera offshore na Noruega.	Entrevistas semiestruturadas com reguladores, organizações patronais e sindicais, gestores e profissionais de segurança.	Estudo qualitativo (entrevistas/grupos focais)
42	Liao et al. (2022)	Taiwan	Comparar lesões ocupacionais de trabalhadores não convencionais e convencionais na construção de Taiwan.	Registos administrativos de lesões ocupacionais na construção de Taiwan.	Estudo observacional / analítico
43	Dethlefsen et al. (2022)	Suíça	Caracterizar lesões de trabalhadores segurados da construção atendidos num serviço de urgência suíço.	Registos hospitalares de 2016 a 2020 de trabalhadores da construção num serviço de urgência para adultos.	Estudo observacional retrospetivo
44	Edwards et al. (2022)	Índia (Deli)	Descrever a epidemiologia das lesões em estaleiros de Deli através de registos policiais.	First Information Reports da polícia de Deli, entre 2016 e 2018, relativos a trabalhadores mortos ou feridos em estaleiros.	Estudo transversal
45	Nowobilski & Hoła (2023)	Polónia	Desenvolver uma metodologia para prever a gravidade das quedas de andaimes a partir das causas identificadas.	200 acidentes por queda de andaimes na construção polaca.	Estudo observacional / analítico

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
46	Hoła (2017)	Polónia	Caracterizar o perfil ocupacional das pessoas lesionadas em acidentes na construção polaca.	Registos de acidentes de trabalho da construção na Polónia.	Estudo observacional / analítico
47	Arifin et al. (2023)	Internacional	Sistematizar os perigos e características dos espaços confinados no setor da construção.	Revisão sistemática de estudos sobre espaços confinados e atividades construtivas.	Revisão sistemática / meta-análise
48	Parate et al. (2023)	Índia	Caracterizar mortes relacionadas com lesões ocupacionais entre trabalhadores da construção em Uttarakhand.	Registos retrospetivos médico-legais de mortes de trabalhadores da construção.	Estudo observacional retrospetivo
49	Yankson et al. (2023)	Gana	Determinar a carga, os mecanismos e a gravidade das lesões entre trabalhadores da construção rodoviária no Gana.	353 trabalhadores rodoviários das regiões Ashanti, Ahafo e Western North.	Estudo transversal
50	Yamaguchi et al. (2023)	Japão	Caracterizar mortes acidentais ocupacionais avaliadas por institutos forenses no Japão.	Mortes ocupacionais avaliadas em Tóquio e Chiba entre 2011 e 2020.	Estudo observacional / analítico
51	Shuang & Zhang (2023)	China	Determinar a hierarquia e as combinações críticas de causas de acidentes fatais em estaleiros.	Base de causas de acidentes fatais e modelos de aprendizagem automática com análise iterativa de combinações.	Modelação estatística / aprendizagem automática
52	Morrissey et al. (2023)	Estados Unidos	Analisar lesões e mortes relacionadas com esforço físico entre trabalhadores manuais nos Estados Unidos.	Registos nacionais de lesões e fatalidades de trabalhadores, incluindo atividades da construção.	Estudo observacional / analítico

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
53	Reilly et al. (2024)	Estados Unidos (Michigan)	Avaliar características das amputações laborais e o cumprimento da obrigação de comunicação à OSHA.	1.366 amputações de 2016 a 2018, identificadas por relatórios patronais e vigilância hospitalar no Michigan.	Estudo observacional / analítico
54	Kang et al. (2022)	Coreia do Sul	Identificar fatores que influenciam os dias de trabalho perdidos após acidentes em estaleiros.	Base de acidentes da construção analisada por modelos de aprendizagem automática interpretáveis.	Modelação estatística / aprendizagem automática
55	Khan et al. (2022)	Coreia do Sul	Desenvolver um sistema de monitorização de ganchos de segurança com etiquetas e Internet das Coisas para prevenir quedas.	Protótipo de gancho inteligente, sensores, comunicação IoT e testes de funcionamento.	Estudo observacional / analítico
56	Koc & Gurgun (2022)	Turquia	Melhorar a previsão da gravidade dos acidentes através de pré-processamento automatizado baseado em cenários.	Base de acidentes da construção submetida a codificação, balanceamento e modelos preditivos.	Modelação estatística / aprendizagem automática
57	Zermane et al. (2023)	Malásia	Identificar padrões das quedas fatais na construção malaia.	Registos de quedas fatais ocorridas em locais de trabalho na Malásia.	Estudo de caso qualitativo
58	Manzoor et al. (2021)	Paquistão	Identificar e hierarquizar fatores críticos de segurança em projetos de edifícios altos.	Inquérito a profissionais envolvidos em projetos de edifícios altos.	Inquérito / estudo transversal
59	Newaz et al. (2022)	Internacional	Rever tecnologias destinadas a reduzir o risco de quedas em estaleiros.	Literatura sobre sensores, wearables, visão computacional, BIM, realidade virtual e outras tecnologias de prevenção de quedas.	Revisão de escopo

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
60	Zermane et al. (2023)	Malásia	Desenvolver um modelo random forest para prever acidentes fatais por queda em altura.	Base de acidentes por queda em altura da Malásia.	Modelação estatística / aprendizagem automática
61	Anantharaman et al. (2023)	Singapura	Caracterizar padrões de lesão resultantes de quedas em altura na construção.	1.085 trabalhadores atendidos num grande hospital de Singapura entre 2006 e 2012.	Estudo observacional / analítico
62	Lu et al. (2023)	China / internacional	Desenvolver um sistema automatizado de gestão do risco baseado na recuperação de acidentes semelhantes.	Base histórica de casos de acidentes da construção estruturada para raciocínio baseado em casos.	Modelação estatística / aprendizagem automática
63	Alsharef et al. (2023)	Estados Unidos	Caracterizar lesões graves na construção a partir do novo programa de reporte da OSHA.	Relatórios de lesões graves comunicadas à OSHA nos Estados Unidos.	Estudo observacional / analítico
64	Thekdi & Aven (2023)	Internacional	Examinar como a incerteza e a comunicação inadequada do risco podem produzir desinformação.	Análise conceptual apoiada em exemplos de avaliações e decisões de risco.	Estudo de caso qualitativo
65	Ibrahim et al. (2023)	Estados Unidos	Avaliar o impacto da fadiga física na consciência situacional dos trabalhadores da construção.	Trabalhadores submetidos a tarefas físicas e avaliação de consciência situacional e reconhecimento de perigos.	Estudo observacional / analítico
66	Phinias (2023)	Internacional	Rever benefícios e desafios da implementação de indicadores leading de SST na construção.	335 registos identificados; 34 artigos incluídos após aplicação dos critérios.	Revisão sistemática / meta-análise
67	Luo et al. (2023)	China	Desenvolver um modelo de previsão da gravidade de acidentes por colapso na construção.	Dados textuais de acidentes por colapso submetidos a pré-processamento e algoritmos de aprendizagem automática.	Estudo de caso qualitativo

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
68	Koc et al. (2021)	Turquia	Prever a incapacidade após acidentes de trabalhadores da construção.	47.938 acidentes da construção na Turquia, com engenharia de atributos, algoritmo genético e modelos de árvores.	Modelação estatística / aprendizagem automática
69	Zhu et al. (2023)	Estados Unidos	Desenvolver modelos preditivos das características das fatalidades na construção.	694 fatalidades de relatórios NIOSH analisadas por aprendizagem automática.	Inquérito / estudo transversal
70	Paguay et al. (2023)	Equador	Comparar acidentes ocupacionais nas indústrias da construção e transformadora no Equador.	Dados administrativos equatorianos de acidentes dos dois setores.	Estudo observacional / analítico
71	Xia et al. (2018)	China	Desenvolver um modelo híbrido BN-HFACS para prever o desempenho de segurança em projetos de construção.	Dados de fatores humanos e organizacionais estruturados segundo HFACS e modelados por rede bayesiana.	Inquérito / estudo transversal
72	Türkoğlu et al. (2019)	Turquia	Caracterizar mortes por queda em altura através de dados de autópsia.	213 casos fatais de queda em altura avaliados médico-legalmente.	Estudo observacional / analítico
73	Sathvik et al. (2023)	Índia	Identificar as causas de raiz dos comportamentos inseguros de trabalhadores da construção.	Fatores selecionados e estruturados por especialistas através de modelação estrutural interpretativa.	Estudo observacional / analítico
74	Sibata et al. (2024)	Japão	Analisar acidentes por rotura de taludes durante escavação e desenvolver uma checklist rápida de risco.	Casos japoneses de acidentes laborais por instabilidade de taludes.	Estudo de caso qualitativo

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
75	Moreira et al. (2024)	Brasil	Analisar acidentes e probabilidades de diferentes tipos de lesão na construção da Amazónia brasileira.	Registos de acidentes da construção civil num estado da Amazónia, analisados descritivamente e por regressão logística.	Estudo observacional / analítico
76	van Marrewijk & van der Steen (2024)	Países Baixos	Compreender como organizações da construção aprendem após uma fatalidade.	Estudo longitudinal autoetnográfico de uma empresa neerlandesa e observações de reuniões e workshops.	Estudo observacional / analítico
77	McClure et al. (2024)	Estados Unidos (Carolina do Norte)	Avaliar segregação laboral e desigualdades raciais e étnicas nas mortes ocupacionais.	Fatalidades ocupacionais na Carolina do Norte entre 1992 e 2017, com padronização por indústria e ocupação.	Estudo de coorte
78	Park et al. (2024)	Coreia do Sul	Comparar as fatalidades laborais de trabalhadores idosos e mais jovens na Coreia do Sul.	Dados de compensação laboral de 2021 e denominadores do inquérito à força de trabalho.	Inquérito / estudo transversal
79	Muley et al. (2024)	Estados Unidos	Avaliar a influência dos traços de personalidade no reconhecimento de quase-acidentes.	35 participantes expostos a 16 cenários de quase-acidentes, avaliados por questionário e eye tracking.	Inquérito / estudo transversal
80	Antonangeli et al. (2024)	Itália	Analisar tendências, setores e causas das mortes no trabalho em Milão e Monza.	308 mortes ocupacionais identificadas numa base de autópsias entre 2000 e 2022.	Estudo observacional retrospetivo
81	Alruwaili et al. (2024)	Arábia Saudita	Comparar acidentes e lesões de trabalhadores migrantes e nacionais na construção saudita.	Dados GOSI de acidentes e lesões ocorridos entre 2014 e 2019.	Estudo observacional / analítico
82	Zeibak-Shini et al. (2024)	Israel	Desenvolver um método AHP para priorizar recursos de segurança considerando risco e custo.	Revisão de causas segundo o modelo 5M, alternativas de alocação e validação em dois estudos de caso.	Estudo observacional / analítico

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
83	Harahap et al. (2024)	Malásia	Avaliar gravidade, frequência e responsáveis pelas violações de regras em projetos de edifícios altos.	Questionário a promotores, consultores, empreiteiros e autoridades na Malásia.	Inquérito / estudo transversal
84	Lau et al. (2024)	Global / 16 países	Sintetizar o risco de mortalidade e os determinantes sociais entre trabalhadores migrantes.	44 estudos de 16 países; 11 incluídos em meta-análises, abrangendo 44.338 mortes de migrantes.	Revisão sistemática / meta-análise
85	Vought et al. (2025)	Internacional	Rever padrões, fatores de risco e prevenção das lesões oculares ocupacionais.	Revisão narrativa de estudos sobre trauma ocular em construção, indústria, agricultura e outros setores.	Revisão narrativa / crítica
86	Muralidhar et al. (2025)	Índia	Avaliar a eficácia da vigilância ativa e do acompanhamento sistemático na segurança da construção.	26 grandes locais de trabalho da construção, com observadores treinados e plataforma digital.	Estudo observacional / analítico
87	Andrade Barra et al. (2025)	Chile	Identificar e priorizar precursores e defesas das quedas em altura em empreiteiros e subempreiteiros.	50 grupos focais com 209 trabalhadores e supervisores de duas empresas chilenas e respetivos subempreiteiros.	Estudo qualitativo (entrevistas/grupos focais)
88	Memarian et al. (2025)	Estados Unidos	Identificar falhas no planeamento prévio das tarefas e desenvolver uma ferramenta de avaliação.	28 profissionais, 104 trabalhadores e observação direta de sete sessões de pre-task planning.	Estudo qualitativo (entrevistas/grupos focais)
89	Swart et al. (2025)	Internacional	Mapear a evidência sobre avaliação da aptidão para trabalhos em altura.	68 documentos incluídos; apenas sete abordaram diretamente aptidão para trabalho em altura.	Revisão sistemática / meta-análise

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
90	Varianou-Mikellidou et al. (2025)	Chipre	Analisar acidentes de trabalho por queda no Chipre entre 2010 e 2019.	Aproximadamente 20.500 acidentes por queda registados pelo Departamento de Inspeção do Trabalho.	Estudo observacional / analítico
91	Hansen et al. (2025)	Dinamarca	Descrever a resposta médica de emergência ao colapso de um silo em construção.	Incidente na Dinamarca com três mortos e seis feridos, todos trabalhadores migrantes; 17 unidades de emergência mobilizadas.	Relato de caso
92	de las Heras-Rosas et al. (2025)	Espanha	Identificar componentes principais dos precursores de acidentes graves e fatais na construção espanhola.	40.582 acidentes graves e fatais ocorridos em Espanha entre 2003 e 2022.	Estudo observacional / analítico
93	Wang et al. (2021)	China / Hong Kong	Modelar a dependência temporal das contagens de quase-acidentes em estaleiros.	Série de cinco anos de contagens de quase-acidentes de um projeto de construção.	Modelação estatística / aprendizagem automática
94	Duan & Zhou (2023)	Internacional	Mapear a evolução e a estrutura intelectual da investigação sobre quase-acidentes na construção.	120 artigos publicados entre 2009 e 2019, analisados com CiteSpace.	Revisão sistemática / meta-análise
95	Bottlang et al. (2023)	Estados Unidos	Comparar a proteção contra impacto de capacetes de estilo escalada e capacetes industriais Type II.	Sete modelos de safety helmet, quatro capacetes Type II e três Type I submetidos a ensaios normalizados.	Estudo observacional / analítico
96	Pilbeam & Karanikas (2023)	Multissetorial / internacional	Analisar como intervenções de segurança são transferidas entre organizações e contextos.	Entrevistas com gestores de segurança sobre oito intervenções aplicadas em vários setores e países.	Estudo qualitativo (entrevistas/grupos focais)
97	Glette-Iversen et al. (2023)	Internacional	Propor uma abordagem dinâmica para rever avaliações de risco após decisões.	Análise conceptual de frameworks de gestão do risco e decisão.	Estudo conceptual / desenvolvimento de modelo

N.º	Autor(es) e ano	País/região	Objetivo	População ou fonte de dados	Desenho/método
98	Pereira et al. (2023)	Portugal e França	Avaliar a prioridade e a prática da transmissão de conhecimento de segurança nos locais de trabalho.	Questionário a 243 trabalhadores novatos e experientes dos setores secundário e terciário.	Inquérito / estudo transversal
99	Simone et al. (2023)	Itália	Avaliar a completude de relatórios de quase-acidentes através de grafos de conhecimento.	Relatórios de quase-acidentes de indústrias Seveso integrados num knowledge graph e ponderados por especialistas.	Revisão sistemática / meta-análise
100	Marchelli et al. (2023)	Itália	Desenvolver um procedimento quantitativo para gerir o risco de queda de blocos em estaleiros de medidas de proteção.	Modelo de probabilidade de morte aplicado à instalação de barreiras contra queda de blocos.	Estudo observacional / analítico

Nota: A classificação do desenho metodológico corresponde à abordagem predominante de cada estudo.

Tabela C.2 - Resultados, limitações, potenciais vieses e relevância dos estudos incluídos

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
1	Zhou et al. (2015)	A literatura foi agrupada em três grandes vertentes: processos de gestão, características individuais/coletivas e utilização de dados de acidentes. Foram também identificadas tendências	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
		tecnológicas, problemas no fluxo de informação e lacunas de investigação.			
2	Shin et al. (2015)	A montagem e desmontagem representaram 68,4% dos acidentes fatais analisados. O incumprimento de procedimentos, os atos inseguros, a competência das equipas e a definição de responsabilidades entre intervenientes foram fatores centrais.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.
3	Salguero-Caparros et al. (2015)	Foram observadas diferenças na forma de identificar e registar causas. Os autores recomendam um modelo europeu harmonizado e bases de dados acessíveis de relatórios de investigação.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção e informação; subnotificação, classificação incorreta e ausência de variáveis relevantes.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.
4	Rowlinson & Jia (2015)	Foram identificados fatores institucionais distribuídos por oito níveis do sistema, mostrando que a prevenção não depende apenas do comportamento individual, mas também de decisões e condições organizacionais e regulatórias.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.
5	Awwad et al. (2016)	Apesar da existência de legislação e programas, verificaram-se fraca aplicação, ausência de monitorização, insuficiente formação e reduzido compromisso dos diferentes intervenientes.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
6	Konda et al. (2016)	As quedas representaram 57% das mortes. Trabalhadores com 65 ou mais anos, montadores de estruturas metálicas e telhadores apresentaram taxas particularmente elevadas.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
7	Lowe et al. (2016)	Cerca de 79,8% das investigações e todas as fatalidades ocorreram na construção. O estudo evidenciou diferenças na interpretação das causas e nas infrações citadas pelos investigadores.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
8	Tadesse & Israel (2016)	A prevalência anual de lesões foi de 38,3%. Os resultados reforçam a necessidade de formação, utilização de EPI, supervisão e melhoria das condições de trabalho.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
9	Nadhim et al. (2016)	Os fatores mais recorrentes foram atividades de risco, características individuais, condições do	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Relevância direta para a caracterização de quedas, fatores associados, gravidade e medidas de

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
		estaleiro, fatores organizacionais, andaimes e escadas e condições meteorológicas.	desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.		prevenção, núcleo temático da dissertação.
10	Choe et al. (2016)	Após a revisão normativa, a taxa de fatalidade diminuiu 22,2% e a taxa de lesões com dias de ausência diminuiu 53,7% entre trabalhadores de estruturas metálicas.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.
11	Nielsen (2017)	Foram identificadas diferenças na organização, abordagem e execução das inspeções. O estudo evidencia oportunidades de aprendizagem institucional entre autoridades.	The study has a number of limitations. First of all, the size and design of the study makes it impossible to make general inferences on a national level.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.
12	Giraudo et al. (2017)	O risco dos migrantes variou segundo a ocupação e a antiguidade, revelando vulnerabilidades associadas à inserção em trabalhos perigosos e à experiência reduzida.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Aprofunda fatores estruturais e vulnerabilidades laborais que condicionam a exposição, a gravidade e a prevenção dos acidentes.
13	Dong et al. (2017)	Foram frequentes a ausência, utilização inadequada ou insuficiência de sistemas de proteção contra quedas. Os resultados apontam para falhas de planeamento, supervisão, formação e seleção das proteções.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Relevância direta para a caracterização de quedas, fatores associados, gravidade e medidas de prevenção, núcleo temático da dissertação.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
14	Yi & Chan (2017)	O aumento do stresse térmico reduziu a produtividade e aumentou a exigência fisiológica, demonstrando a necessidade de pausas, hidratação e planeamento adequado do trabalho.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.
15	Tözer et al. (2018)	As quedas em altura foram o tipo mais frequente e a principal causa de morte; as eletrocussões ocuparam o segundo lugar entre os acidentes fatais. Trabalhadores não qualificados foram o grupo mais atingido.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
16	Yi (2018)	Os grupos de maior risco incluíram homens, trabalhadores diários, profissões manuais e setores como a construção, evidenciando a interação entre idade, precariedade e exposição a tarefas perigosas.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Aprofunda fatores estruturais e vulnerabilidades laborais que condicionam a exposição, a gravidade e a prevenção dos acidentes.
17	Kazan & Usmen (2018)	A gravidade variou com o tipo de equipamento, o mecanismo do acidente e a posição do trabalhador. Trabalhadores apeados apresentaram vulnerabilidade elevada.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
					enquadramento e discussão dos resultados.
18	Bachelet et al. (2018)	O estudo identificou diferenças por setor, ocupação, mecanismo e características sociodemográficas, destacando a construção entre as atividades com risco relevante.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
19	Tang et al. (2017)	A sobrevivência foi associada à estabilização, planeamento multidisciplinar e remoção cirúrgica controlada das barras. A generalização é limitada, mas o caso ilustra a gravidade de acidentes com materiais perfurantes.	Evidência baseada num único incidente, sem possibilidade de generalização estatística.	Viés de seleção e ausência de comparador; generalização muito limitada.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
20	Al-Bayati & York (2018)	As quedas foram predominantes e observaram-se diferenças face ao conjunto dos trabalhadores. Os autores salientam limitações dos procedimentos de investigação para identificar causas de raiz e formular recomendações adequadas.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção e informação; subnotificação, classificação incorreta e ausência de variáveis relevantes.	Aprofunda fatores estruturais e vulnerabilidades laborais que condicionam a exposição, a gravidade e a prevenção dos acidentes.
21	Win et al. (2018)	A construção apresentou uma participação importante nas fatalidades, com mecanismos como quedas, contacto com equipamentos e impacto por	This was a record-based study and included only notified or reported cases of occupational fatalities to the	Viés de seleção e informação; subnotificação, classificação	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
		objetos, apoiando o reforço da vigilância e prevenção.	Occupational Health Division, Ministry of Health Brunei Darussalam. It is acknowledged that whilst almost all cases of occupational injuries resulting in immediate death are notified to the authority, most cases of occupational injuries requiring hospital admission and treatment do not.	incorreta e ausência de variáveis relevantes.	lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
22	Mohandes et al. (2022)	Foram selecionadas seis causas principais e 23 subcausas. Os fatores organizacionais e as condições do local de trabalho apresentaram forte influência causal sobre os restantes fatores.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.
23	Zhang et al. (2019)	Os métodos sistémicos captaram melhor interações organizacionais e regulatórias, enquanto abordagens mais simples foram mais fáceis de aplicar. O estudo favorece combinações metodológicas adequadas à informação disponível.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.
24	Ayhan & Tokdemir (2019)	Os modelos identificaram fatores relevantes para distinguir incidentes fatais e não fatais,	Resultados dependentes da qualidade, representatividade e codificação da base	Viés da base de dados, desequilíbrio de classes,	Demonstra abordagens analíticas e tecnológicas para reconhecer

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
		demonstrando o potencial da aprendizagem automática para priorizar prevenção.	de dados; possível sobreajustamento e necessidade de validação externa.	sobreajustamento e validação externa limitada.	padrões, prever gravidade e apoiar a prevenção baseada em dados.
25	Hoła et al. (2017)	Foram destacados fatores humanos, técnicos, organizacionais e ambientais, confirmando que a sinistralidade resulta de combinações de condições do trabalho e do sistema de gestão.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.
26	Shao et al. (2019)	As ocorrências concentraram-se em determinados meses, dias, períodos horários, províncias e tipos de acidente. Quedas e outros mecanismos recorrentes permitiram definir prioridades preventivas.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
27	Shafique & Rafiq (2019)	Escorregamentos, tropeções e quedas ao mesmo nível geraram mais lesões, enquanto as quedas em altura provocaram mais mortes.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
28	Choi et al. (2019)	A construção apresentou risco elevado nos três países. Quedas de nível superior e acidentes por impacto foram mecanismos comuns, embora as taxas	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
		e distribuições variassem entre os contextos nacionais.	incompletos e limitação para estabelecer relações causais.		lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
29	Betsis et al. (2019)	Foram identificadas correlações entre variáveis pessoais, temporais e circunstanciais, úteis para orientar intervenções dirigidas aos grupos e tarefas de maior risco.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção e informação; subnotificação, classificação incorreta e ausência de variáveis relevantes.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
30	Yiu et al. (2019)	Os sistemas foram associados a melhor organização e controlo, mas a eficácia foi limitada por recursos, compromisso da gestão, burocracia e dificuldades de integração na operação.	O10 Putting safety as a lower priority due to cultural differences in organizations Kogi (2002), Yu and Hunt (2002), and Yiu et al. (2017) O11 Too narrowly focused Kogi, 2002, Yu and Hunt (2002), Champoux and Brun (2003), and Yiu et al. (2017) O12 Assumed safety personnel to take all safety responsibilities Yu and Hunt (2002) and Yiu et al. (2017) O13 Paperwork-intensive operation Champoux and Brun (2003) and Yiu et al. (2017) O14 Unavailability of	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
			construction equipment Yu and Hunt (2002) and Yiu et al. (2017) O15 High turnover rate of workers Yiu et al. (2017) O16 A lack of professional support from the Labour Department and client in promoting OSH at the frontline level Yiu et al. (2017) O17 Insufficient care on OSH matters in the local construction industry Yiu et al. (2017) Competency profile of the stakeholders O18 Inadequate risk concepts or safety knowledge for the project team Kogi (2002) and Yiu et al. (2017) O19 Project team's poor OSH attitude Kogi (2002), Kheni et al. (2010), and Yiu et al. (2017) O20 No common language developed for communication (particularly in multi-site organisations) Yu and Hunt (2002) and Yiu et al. (2017) O21 A lack of competent workers in the con		
31	Liang & Fung (2019)	As variações da atividade económica e da intensidade da construção influenciaram a frequência	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
		das mortes, mostrando que a prevenção deve considerar pressões externas ao estaleiro.	incompletos e limitação para estabelecer relações causais.		lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
32	Lombardi et al. (2019)	A combinação de variáveis do acidente permitiu identificar perfis diferenciados de risco e apoiar medidas preventivas mais direcionadas.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
33	Yang et al. (2020)	A duração e organização do tempo de trabalho apresentaram associação com a ocorrência e gravidade dos casos, reforçando a gestão da fadiga e dos horários.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
34	Abdul Halim et al. (2020)	As quedas em altura representaram 43% e os acidentes por impacto 34%. Os fatores de gestão foram a categoria causal mais frequente, seguidos pelos fatores do estaleiro e humanos.	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.	Viés interpretativo e ausência de validação empírica direta.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
35	Azmi et al. (2020)	Foi observada associação entre a perceção da gestão da segurança e a ocorrência de acidentes, sustentando o reforço da identificação de perigos, comunicação e reporte de acidentes e quase-acidentes.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.
36	Khahro et al. (2020)	A construção apresentou maior variabilidade de tarefas e locais e menor perceção de segurança, enquanto ambos os setores evidenciaram fragilidades de cultura, prevenção e compromisso da gestão.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
37	Duryan et al. (2020)	A transferência eficaz dependeu de cultura de aprendizagem, comunicação, participação, capacidade de absorção e apoio da gestão; a fragmentação do setor constituiu uma barreira.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Sustenta a discussão sobre aprendizagem com acidentes, transferência de conhecimento e transformação das recomendações em ação preventiva.
38	Ashuro et al. (2021)	A prevalência combinada foi elevada e associou-se a fatores como formação insuficiente, ausência de EPI, experiência, horário e condições de trabalho.	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
39	Xu et al. (2021)	Foram identificadas concentrações por tipo de projeto, região, período e mecanismo. Os acidentes maiores representaram pequena proporção das ocorrências, mas parcela elevada das mortes.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
40	Lee et al. (2021)	Temperatura e condições térmicas contribuíram para explicar variações nas lesões e fatalidades, apoiando medidas adaptadas ao clima e ao horário de trabalho.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
41	Edwin et al. (2021)	A indústria petrolífera beneficiou de regras mais exigentes, maior padronização, planeamento, pensamento em barreiras e partilha de conhecimento. O estudo identifica oportunidades de transferência para a construção.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Sustenta a discussão sobre aprendizagem com acidentes, transferência de conhecimento e transformação das recomendações em ação preventiva.
42	Liao et al. (2022)	Os trabalhadores não convencionais apresentaram perfis e riscos diferentes, relacionados com precariedade, tarefa, experiência e menor proteção, exigindo políticas específicas.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Aprofunda fatores estruturais e vulnerabilidades laborais que condicionam a exposição, a

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
					gravidade e a prevenção dos acidentes.
43	Dethlefsen et al. (2022)	Foram descritos mecanismos, regiões corporais, gravidade e características dos trabalhadores, destacando o valor dos dados clínicos para complementar os sistemas de notificação laboral.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção e informação; subnotificação, classificação incorreta e ausência de variáveis relevantes.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
44	Edwards et al. (2022)	Os registos revelaram elevada gravidade, mecanismos recorrentes como quedas e impacto por objetos e importantes limitações dos sistemas oficiais de informação na Índia.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
45	Nowobilski & Hoła (2023)	O modelo relacionou causas e circunstâncias com a severidade, permitindo estimar consequências e priorizar medidas de prevenção em andaimes.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Relevância direta para a caracterização de quedas, fatores associados, gravidade e medidas de prevenção, núcleo temático da dissertação.
46	Hoła (2017)	Foram identificados padrões por profissão, experiência, idade, tarefa e mecanismo, contribuindo	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
		para medidas dirigidas aos grupos profissionais mais expostos.	incompletos e limitação para estabelecer relações causais.		lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
47	Arifin et al. (2023)	Foram destacados perigos atmosféricos, físicos, ergonómicos e organizacionais, bem como a necessidade de avaliação prévia, permissão de trabalho, ventilação, vigilância e resgate.	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.
48	Parate et al. (2023)	Quedas, eletrocussões e acidentes por impacto surgiram como mecanismos relevantes, com predomínio de homens jovens e trabalhadores vulneráveis.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção e informação; subnotificação, classificação incorreta e ausência de variáveis relevantes.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
49	Yankson et al. (2023)	O estudo documentou frequência, mecanismos, partes do corpo e gravidade das lesões, indicando necessidade de formação, supervisão, EPI e melhoria da organização do trabalho.	This study has some limitations. First, the recall period was one year, and there could be some memory decay or forgetting of injuries that occurred earlier during that period.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
50	Yamaguchi et al. (2023)	Quedas, acidentes de transporte e contacto com máquinas foram mecanismos importantes; a construção apresentou participação relevante nas mortes analisadas.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
51	Shuang & Zhang (2023)	O modelo obteve F1 de 92,93% e demonstrou que as causas atuam de forma hierárquica e combinada, permitindo identificar sinais de alerta e prioridades de gestão.	Resultados dependentes da qualidade, representatividade e codificação da base de dados; possível sobreajustamento e necessidade de validação externa.	Viés da base de dados, desequilíbrio de classes, sobreajustamento e validação externa limitada.	Demonstra abordagens analíticas e tecnológicas para reconhecer padrões, prever gravidade e apoiar a prevenção baseada em dados.
52	Morrissey et al. (2023)	Foram identificadas relações com esforço excessivo, calor, tarefa e características do trabalhador, reforçando a gestão da carga física e das condições ambientais.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
53	Reilly et al. (2024)	Apenas 42,1% foram comunicadas pelos empregadores; na construção, o cumprimento foi 27,4%. Pequenas empresas tiveram menor cumprimento e mais de metade dos locais inspecionados não havia corrigido o perigo.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
54	Kang et al. (2022)	O modelo classificou a importância das características do acidente, do trabalhador e do contexto, apoiando a previsão da duração da incapacidade e a priorização preventiva.	Resultados dependentes da qualidade, representatividade e codificação da base de dados; possível sobreajustamento e necessidade de validação externa.	Viés da base de dados, desequilíbrio de classes, sobreajustamento e validação externa limitada.	Demonstra abordagens analíticas e tecnológicas para reconhecer padrões, prever gravidade e apoiar a prevenção baseada em dados.
55	Khan et al. (2022)	O sistema permitiu verificar em tempo real a ancoragem e alertar utilizações inadequadas, demonstrando potencial para reduzir falhas de conexão dos sistemas antiqueda.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Demonstra abordagens analíticas e tecnológicas para reconhecer padrões, prever gravidade e apoiar a prevenção baseada em dados.
56	Koc & Gurgun (2022)	O pré-processamento por cenário melhorou o desempenho e a interpretação dos modelos, reduzindo problemas de desequilíbrio e heterogeneidade dos dados.	Resultados dependentes da qualidade, representatividade e codificação da base de dados; possível sobreajustamento e necessidade de validação externa.	Viés da base de dados, desequilíbrio de classes, sobreajustamento e validação externa limitada.	Demonstra abordagens analíticas e tecnológicas para reconhecer padrões, prever gravidade e apoiar a prevenção baseada em dados.
57	Zermane et al. (2023)	Foram identificados padrões por altura, tarefa, ocupação, agente e circunstância, úteis para orientar inspeções e medidas específicas de proteção contra quedas.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Relevância direta para a caracterização de quedas, fatores associados, gravidade e medidas de prevenção, núcleo temático da dissertação.
58	Manzoor et al. (2021)	Supervisão, formação, planeamento, EPI, comunicação e compromisso da gestão figuraram entre os fatores mais críticos para reduzir acidentes.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
			incompletos e limitação para estabelecer relações causais.		coerência entre causas e recomendações.
59	Newaz et al. (2022)	As tecnologias mostraram potencial para reconhecer perigos e monitorizar trabalhadores, mas persistem limitações de validação em campo, integração, custo, privacidade e aceitação.	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Demonstra abordagens analíticas e tecnológicas para reconhecer padrões, prever gravidade e apoiar a prevenção baseada em dados.
60	Zermane et al. (2023)	O modelo apresentou capacidade de classificação e identificou variáveis relevantes para a fatalidade, demonstrando utilidade para priorização do risco.	Resultados dependentes da qualidade, representatividade e codificação da base de dados; possível sobreajustamento e necessidade de validação externa.	Viés da base de dados, desequilíbrio de classes, sobreajustamento e validação externa limitada.	Relevância direta para a caracterização de quedas, fatores associados, gravidade e medidas de prevenção, núcleo temático da dissertação.
61	Anantharaman et al. (2023)	Entre os casos graves, foram frequentes lesões torácicas, abdominais e pélvicas e a mortalidade atingiu 60,8%. A utilização reportada de capacete e arnês foi muito baixa.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Relevância direta para a caracterização de quedas, fatores associados, gravidade e medidas de prevenção, núcleo temático da dissertação.
62	Lu et al. (2023)	O sistema recuperou casos comparáveis e respetivas medidas, apoiando avaliação de risco, aprendizagem com experiências anteriores e planeamento preventivo.	Resultados dependentes da qualidade, representatividade e codificação da base de dados; possível sobreajustamento e necessidade de validação externa.	Viés da base de dados, desequilíbrio de classes, sobreajustamento e validação externa limitada.	Sustenta a discussão sobre aprendizagem com acidentes, transferência de conhecimento e transformação das recomendações em ação preventiva.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
63	Alsharef et al. (2023)	Os dados permitiram identificar mecanismos, atividades e segmentos de maior risco, mas também evidenciaram limitações de reporte e cobertura que devem ser consideradas na prevenção.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
64	Thekdi & Aven (2023)	A ocultação de pressupostos e incertezas pode conferir credibilidade excessiva a resultados frágeis. Os autores defendem comunicação transparente do conhecimento, das limitações e da força da evidência.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Oferece enquadramento metodológico e conceptual útil à análise sistémica do risco e à interpretação preventiva dos acidentes.
65	Ibrahim et al. (2023)	A fadiga reduziu a capacidade de perceber e compreender perigos, indicando que pausas, organização da carga e monitorização da fadiga são componentes preventivas.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.
66	Phinias (2023)	Foram identificados oito benefícios, incluindo alerta precoce, monitorização, prevenção e conformidade, e desafios relacionados com seleção de indicadores, dados, recursos, participação e integração na gestão.	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
67	Luo et al. (2023)	O modelo relacionou atributos de equipamento, cenário e ambiente com vítimas e danos, identificando fatores críticos e melhorando a previsão da severidade.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Demonstra abordagens analíticas e tecnológicas para reconhecer padrões, prever gravidade e apoiar a prevenção baseada em dados.
68	Koc et al. (2021)	Os modelos apresentaram bom desempenho e identificaram características determinantes da incapacidade, demonstrando valor para prevenção e gestão das consequências.	Resultados dependentes da qualidade, representatividade e codificação da base de dados; possível sobreajustamento e necessidade de validação externa.	Viés da base de dados, desequilíbrio de classes, sobreajustamento e validação externa limitada.	Demonstra abordagens analíticas e tecnológicas para reconhecer padrões, prever gravidade e apoiar a prevenção baseada em dados.
69	Zhu et al. (2023)	Os modelos reconheceram padrões e variáveis associadas aos diferentes tipos de fatalidade, apoiando a classificação e a definição de intervenções preventivas.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Demonstra abordagens analíticas e tecnológicas para reconhecer padrões, prever gravidade e apoiar a prevenção baseada em dados.
70	Paguay et al. (2023)	Foram observadas diferenças na frequência, mecanismos, gravidade e características dos trabalhadores, permitindo definir prioridades setoriais de prevenção.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
71	Xia et al. (2018)	O modelo representou relações probabilísticas entre níveis de fatores e desempenho, mostrando a influência conjunta de supervisão, organização e atos inseguros.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Demonstra abordagens analíticas e tecnológicas para reconhecer padrões, prever gravidade e apoiar a prevenção baseada em dados.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
72	Türkoğlu et al. (2019)	Foram identificados padrões de altura, local, mecanismo e lesões, com importância de traumatismos cranianos e politrauma; os estaleiros constituíram um contexto relevante.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Relevância direta para a caracterização de quedas, fatores associados, gravidade e medidas de prevenção, núcleo temático da dissertação.
73	Sathvik et al. (2023)	As causas não se limitaram ao trabalhador: fatores de gestão, organização, supervisão e ambiente condicionaram os comportamentos inseguros e devem ser tratados prioritariamente.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.
74	Sibata et al. (2024)	A análise identificou condições recorrentes de instabilidade e falhas de avaliação; a checklist proposta permite reconhecer rapidamente situações críticas antes e durante o corte do talude.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.
75	Moreira et al. (2024)	As lesões foram mais prováveis nas fases finais da obra; as fraturas destacaram-se, e trabalhadores de 18 a 24 anos envolvidos com máquinas, equipamentos e veículos apresentaram risco elevado.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
76	van Marrewijk & van der Steen (2024)	A aprendizagem duradoura depende do equilíbrio entre processos jurídicos, éticos e operacionais. O apoio às segundas vítimas e a reflexão sobre desvios e supervisão foram considerados essenciais.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Sustenta a discussão sobre aprendizagem com acidentes, transferência de conhecimento e transformação das recomendações em ação preventiva.
77	McClure et al. (2024)	Homens hispânicos apresentaram taxa 2,11 vezes superior à dos homens brancos. A concentração em setores e profissões perigosos, incluindo a construção, contribuiu substancialmente para as desigualdades.	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Aprofunda fatores estruturais e vulnerabilidades laborais que condicionam a exposição, a gravidade e a prevenção dos acidentes.
78	Park et al. (2024)	A incidência nos trabalhadores idosos foi cerca de quatro vezes superior; 58,9% das mortes ocorreram na construção, com predomínio de trabalhadores diários, não qualificados e quedas.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Aprofunda fatores estruturais e vulnerabilidades laborais que condicionam a exposição, a gravidade e a prevenção dos acidentes.
79	Muley et al. (2024)	A abertura/intelecto relacionou-se com indicadores de atenção. Diferenças de conscienciosidade e abertura influenciaram a frequência e o momento da atenção aos perigos.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
80	Antonangeli et al. (2024)	A construção representou 25% dos casos e as quedas 36,7%. Observou-se tendência decrescente; 24% das vítimas eram não italianas.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção e informação; subnotificação, classificação incorreta e ausência de variáveis relevantes.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
81	Alruwaili et al. (2024)	Os migrantes apresentaram mais quedas, impactos, colisões, abrasões e acidentes rodoviários, maior gravidade em vários grupos etários e menor proporção de recuperação completa.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Aprofunda fatores estruturais e vulnerabilidades laborais que condicionam a exposição, a gravidade e a prevenção dos acidentes.
82	Zeibak-Shini et al. (2024)	A aversão ao risco influenciou fortemente a alternativa ótima. O modelo oferece uma estrutura transparente para distribuir recursos preventivos limitados.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.
83	Harahap et al. (2024)	A ausência de proteção contra incêndio foi considerada a violação de consequências mais graves; falhas no reporte de quase-acidentes e em LOTO foram frequentes, e os empreiteiros foram apontados como principais infratores.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
84	Lau et al. (2024)	Os migrantes apresentaram maior risco de lesão ocupacional fatal (RR combinado 1,71). Precariedade, políticas migratórias, menor proficiência linguística e proteção insuficiente foram determinantes importantes.	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Aprofunda fatores estruturais e vulnerabilidades laborais que condicionam a exposição, a gravidade e a prevenção dos acidentes.
85	Vought et al. (2025)	Trabalhadores da construção estão expostos a corpos estranhos de alta velocidade e trauma contuso. Muitas lesões ocorreram sem proteção ocular adequada, devido a desconforto, ajuste, acesso e baixa perceção de necessidade.	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.
86	Muralidhar et al. (2025)	O aumento do reporte permitiu ações corretivas mais rápidas; ao longo do período diminuíram as condições de risco registadas e as taxas de lesões, com participação ativa da liderança.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.
87	Andrade Barra et al. (2025)	Foram identificados 627 precursores, 56 taxonomias de tarefas e 622 defesas, organizados em três dimensões e 13 subdimensões, formando uma base para checklists, formação e alertas precoces.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
88	Memarian et al. (2025)	As lacunas concentraram-se no planeamento, coordenação entre especialidades, participação, formação, diversidade linguística e acesso ao conteúdo. A participação direta dos trabalhadores foi considerada essencial.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.
89	Swart et al. (2025)	Foram encontradas falta de critérios padronizados, avaliações pouco ligadas às exigências reais, aplicação inconsistente e colaboração insuficiente, além de evidência limitada sobre fatores humanos.	(n=24) Includes chronic or inherent physical impairments or disabilities with underlying medical pathology that can restrict an individual's capacity to perform tasks as required. Cardiovascular and respiratory impairments (n=15) 33 70 72 79 82 88 90 91 95 114 116 117 119 127 130 Neurological and sensory impairments (n=10) 33 75 77 91 104 116 122 127 129 130 Musculoskeletal and mobility impairments (n=10) 33 70 85 91 110 116 119 127 129 130 Metabolic syndrome (n=9) 33 70 72 79 88 91 119 127 130 Other physical and medical impairments (n=5) 39 72 91 94 127 Mental limitations (n=23) Includes chronic or inherent mental impairments	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Relevância direta para a caracterização de quedas, fatores associados, gravidade e medidas de prevenção, núcleo temático da dissertação.

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
			or disabilities with underlying medical pathology that can restrict an individual's capacity to perform tasks as required.		
90	Varianou-Mikellidou et al. (2025)	A construção apresentou o maior número de acidentes fatais, enquanto alojamento e restauração concentraram mais casos não fatais. As características pessoais e a atividade económica influenciaram os padrões.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Relevância direta para a caracterização de quedas, fatores associados, gravidade e medidas de prevenção, núcleo temático da dissertação.
91	Hansen et al. (2025)	A resposta e a comunicação seguiram globalmente as orientações nacionais, embora a geometria do silo, a extração prolongada e os riscos CBRNE tenham criado dificuldades importantes.	Evidência baseada num único incidente, sem possibilidade de generalização estatística.	Viés de seleção e ausência de comparador; generalização muito limitada.	Fornece evidência sobre distribuição, mecanismos, gravidade e perfis de acidentes e lesões relevantes para o enquadramento e discussão dos resultados.
92	de las Heras-Rosas et al. (2025)	Cinco componentes explicaram 64,2% da variância. Destacaram-se experiência, objetos em movimento, risco elétrico, quedas de diferentes alturas, trabalho fora do local habitual e dimensão da empresa.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Suporta a identificação de causas imediatas, contributivas e organizacionais, a análise de precursores e a comparação de métodos de investigação.
93	Wang et al. (2021)	O modelo D-vine identificou dependência de longo alcance e não gaussiana e apresentou melhor	Resultados dependentes da qualidade, representatividade e codificação da base	Viés da base de dados, desequilíbrio de classes,	Demonstra abordagens analíticas e tecnológicas para reconhecer

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
		desempenho preditivo do que métodos convencionais.	de dados; possível sobreajustamento e necessidade de validação externa.	sobreajustamento e validação externa limitada.	padrões, prever gravidade e apoiar a prevenção baseada em dados.
94	Duan & Zhou (2023)	Foram identificados três temas e quatro prioridades futuras: melhorar a recolha de dados, validar modelos, criar frameworks mais abrangentes e integrar tecnologias numa plataforma inclusiva.	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Sustenta a discussão sobre aprendizagem com acidentes, transferência de conhecimento e transformação das recomendações em ação preventiva.
95	Bottlang et al. (2023)	Os safety helmets apresentaram, em média, acelerações laterais 1,9 vezes superiores às dos Type II. A seleção deve basear-se no cumprimento combinado dos requisitos de impacto de topo e lateral, não apenas no estilo.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.
96	Pilbeam & Karanikas (2023)	A transferência foi mais bem-sucedida quando a intervenção tinha baixa complexidade, era explícita, dispunha de apoio da gestão, recursos, âmbito limitado e integração nas práticas existentes.	Possível viés de seleção, autorrelato, memória e desejabilidade social, com generalização limitada ao contexto e aos participantes estudados.	Viés de seleção e interpretação do investigador; transferibilidade contextual limitada.	Sustenta a discussão sobre aprendizagem com acidentes, transferência de conhecimento e transformação das recomendações em ação preventiva.
97	Glette-Iversen et al. (2023)	A necessidade de nova avaliação deve ser verificada quando surgem alternativas, mudanças no risco ou alterações de contexto e valores, equilibrando capacidade de resposta e consumo de recursos.	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do	Viés interpretativo e ausência de validação empírica direta.	Oferece enquadramento metodológico e conceptual útil à análise sistémica do risco e à

N.º	Autor(es) e ano	Principais resultados	Limitações	Potenciais vieses	Relevância para a dissertação
			desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.		interpretação preventiva dos acidentes.
98	Pereira et al. (2023)	O conhecimento de segurança foi considerado importante, mas a transmissão efetiva dependeu das condições de trabalho e de fatores individuais e organizacionais, permanecendo muitas vezes apenas como intenção.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Viés de seleção, autorrelato, memória e causalidade reversa.	Sustenta a discussão sobre aprendizagem com acidentes, transferência de conhecimento e transformação das recomendações em ação preventiva.
99	Simone et al. (2023)	A abordagem multicritério permitiu medir a completude, identificar forças e vulnerabilidades do sistema de reporte e melhorar a aprendizagem e a disseminação de boas práticas.	Limitações não explicitadas de forma suficiente no resumo; a interpretação deve considerar a adequação do desenho, a qualidade da fonte de dados e a generalização dos resultados.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Sustenta a discussão sobre aprendizagem com acidentes, transferência de conhecimento e transformação das recomendações em ação preventiva.
100	Marchelli et al. (2023)	O método relaciona frequência do fenómeno, exposição e duração das tarefas, produzindo informação para decisões de SST e recomendações de prevenção e proteção em estaleiros de montanha.	Dependência de registos existentes, possível subnotificação ou dados incompletos e limitação para estabelecer relações causais.	Possível viés de seleção e informação, dependente da fonte e do desenho do estudo.	Contribui para analisar barreiras de segurança, planeamento, supervisão, medidas preventivas e coerência entre causas e recomendações.

Nota: As limitações e os potenciais vieses foram sintetizados a partir da informação disponibilizada em cada publicação e da apreciação crítica realizada nesta revisão.

Tabela C.3 - Apreciação metodológica dos estudos incluídos

N.º	Autor(es) e ano	Objetivo claro	Desenho adequado	Amostra/fonte adequada	Recolha e análise adequadas	Limitações/vieses identificados	Apreciação global
1	Zhou et al. (2015)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
2	Shin et al. (2015)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
3	Salguero-Caparros et al. (2015)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
4	Rowlinson & Jia (2015)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
5	Awwad et al. (2016)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
6	Konda et al. (2016)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
7	Lowe et al. (2016)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
8	Tadesse & Israel (2016)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
9	Nadhim et al. (2016)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada

N.º	Autor(es) e ano	Objetivo claro	Desenho adequado	Amostra/fonte adequada	Recolha e análise adequadas	Limitações/vieses identificados	Apreciação global
10	Choe et al. (2016)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
11	Nielsen (2017)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Moderada
12	Giraudo et al. (2017)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
13	Dong et al. (2017)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
14	Yi & Chan (2017)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
15	Tözer et al. (2018)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
16	Yi (2018)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
17	Kazan & Usmen (2018)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
18	Bachelet et al. (2018)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
19	Tang et al. (2017)	Sim	Incerto	Limitada/Incerta	Incerta	Não/Incerto	Baixa
20	Al-Bayati & York (2018)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
21	Win et al. (2018)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Moderada
22	Mohandes et al. (2022)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
23	Zhang et al. (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada

N.º	Autor(es) e ano	Objetivo claro	Desenho adequado	Amostra/fonte adequada	Recolha e análise adequadas	Limitações/vieses identificados	Apreciação global
24	Ayhan & Tokdemir (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
25	Hoła et al. (2017)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
26	Shao et al. (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
27	Shafique & Rafiq (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
28	Choi et al. (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
29	Betsis et al. (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
30	Yiu et al. (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Moderada
31	Liang & Fung (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
32	Lombardi et al. (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
33	Yang et al. (2020)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
34	Abdul Halim et al. (2020)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
35	Azmi et al. (2020)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
36	Khahro et al. (2020)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada

N.º	Autor(es) e ano	Objetivo claro	Desenho adequado	Amostra/fonte adequada	Recolha e análise adequadas	Limitações/vieses identificados	Apreciação global
37	Duryan et al. (2020)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
38	Ashuro et al. (2021)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
39	Xu et al. (2021)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
40	Lee et al. (2021)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
41	Edwin et al. (2021)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
42	Liao et al. (2022)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
43	Dethlefsen et al. (2022)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
44	Edwards et al. (2022)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
45	Nowobilski & Hoła (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
46	Hoła (2017)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
47	Arifin et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
48	Parate et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
49	Yankson et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Moderada
50	Yamaguchi et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada

N.º	Autor(es) e ano	Objetivo claro	Desenho adequado	Amostra/fonte adequada	Recolha e análise adequadas	Limitações/vieses identificados	Apreciação global
51	Shuang & Zhang (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
52	Morrissey et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
53	Reilly et al. (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
54	Kang et al. (2022)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
55	Khan et al. (2022)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
56	Koc & Gurgun (2022)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
57	Zermane et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
58	Manzoor et al. (2021)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
59	Newaz et al. (2022)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
60	Zermane et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
61	Anantharaman et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
62	Lu et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
63	Alsharef et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada

N.º	Autor(es) e ano	Objetivo claro	Desenho adequado	Amostra/fonte adequada	Recolha e análise adequadas	Limitações/vieses identificados	Apreciação global
64	Thekdi & Aven (2023)	Sim	Incerto	Limitada/Incerta	Incerta	Não/Incerto	Baixa
65	Ibrahim et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
66	Phinias (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
67	Luo et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
68	Koc et al. (2021)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
69	Zhu et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
70	Paguay et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
71	Xia et al. (2018)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
72	Türkoğlu et al. (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
73	Sathvik et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
74	Sibata et al. (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
75	Moreira et al. (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
76	van Marrewijk & van der Steen (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada

N.º	Autor(es) e ano	Objetivo claro	Desenho adequado	Amostra/fonte adequada	Recolha e análise adequadas	Limitações/vieses identificados	Apreciação global
77	McClure et al. (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
78	Park et al. (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
79	Muley et al. (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
80	Antonangeli et al. (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
81	Alruwaili et al. (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
82	Zeibak-Shini et al. (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
83	Harahap et al. (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
84	Lau et al. (2024)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
85	Vought et al. (2025)	Sim	Incerto	Limitada/Incerta	Incerta	Não/Incerto	Baixa
86	Muralidhar et al. (2025)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
87	Andrade Barra et al. (2025)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
88	Memarian et al. (2025)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
89	Swart et al. (2025)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Elevada

N.º	Autor(es) e ano	Objetivo claro	Desenho adequado	Amostra/fonte adequada	Recolha e análise adequadas	Limitações/vieses identificados	Apreciação global
90	Varianou-Mikellidou et al. (2025)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
91	Hansen et al. (2025)	Sim	Incerto	Limitada/Incerta	Incerta	Não/Incerto	Baixa
92	de las Heras-Rosas et al. (2025)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
93	Wang et al. (2021)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
94	Duan & Zhou (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Elevada
95	Bottlang et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
96	Pilbeam & Karanikas (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
97	Glette-Iversen et al. (2023)	Sim	Incerto	Limitada/Incerta	Incerta	Não/Incerto	Baixa
98	Pereira et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
99	Simone et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada
100	Marchelli et al. (2023)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não/Incerto	Moderada

Nota: os critérios foram classificados como “Sim”, “Não”, “Incerto” ou “Não aplicável”. A apreciação global é qualitativa e não resulta de uma pontuação numérica agregada.