

LIÇÕES A RETIRAR DOS ACIDENTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ANÁLISE CAUSAL PARA APOIAR O PLANEAMENTO DE AÇÕES PREVENTIVAS

Learning From Construction Accidents: A Causal Analysis Supporting Preventive Action Planning

Francisco Nhito¹, Joana Guedes² and João Santos Baptista^{3,C}

¹Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, Portugal; up202200727@edu.fe.up.pt; ORCID 0009-0002-7881-4007

²Laboratório Associado de Energia, Transportes e Aeronáutica (LAETA), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, Portugal; jccg@fe.up.pt; ORCID 0000-0003-2367-2187

³Laboratório Associado de Energia, Transportes e Aeronáutica (LAETA), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, Portugal; jsbap@fe.up.pt; ORCID 0000-0002-8524-5503

^CLaboratório Associado de Energia, Transportes e Aeronáutica (LAETA), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, Portugal; jsbap@fe.up.pt; ORCID 0000-0002-8524-5503

ABSTRACT

The construction sector continues to record high rates of serious and fatal occupational accidents, despite regulatory and technological advances. Accident investigation reports contain relevant information; however, they are not always systematically converted into preventive actions that promote organizational learning.

This study aims to analyse accident investigation reports in the construction sector, identifying immediate causes and root causes to support the development of a structured model for planning preventive actions. A qualitative and descriptive documentary analysis was carried out based on fifteen official accident investigation reports from recognized institutions. Accidents were classified by type and project phase, and a causal analysis was performed using the “5 Whys” method and Root Cause Analysis (RCA), supported by the Cause Tree technique and aligned with the principles of ISO 45001.

The results showed that 73% of the accidents analysed could have been avoided. Falls from height and structural collapses were the most frequent events. The main root causes identified were failures in planning, inadequate supervision, insufficient training and communication shortcomings, highlighting the weight of organisational factors.

The findings reinforce the importance of a systemic approach to accident investigation and demonstrate that transforming investigation conclusions into structured preventive actions can significantly contribute to improving safety management and reducing the recurrence of accidents in construction.

Keywords: Construction Safety, Occupational Accident Investigation, Root Cause Analysis, Human Factors, Preventive Action Planning.

RESUMO

O setor da construção continua a apresentar elevadas taxas de acidentes de trabalho graves e fatais, apesar dos avanços regulamentares e tecnológicos. Os relatórios de investigação de acidentes contêm informação relevante, contudo, nem sempre são sistematicamente convertidos em ações preventivas que promovam a aprendizagem organizacional.

O presente estudo tem como objetivo analisar relatórios de investigação de acidentes no setor da construção, identificando causas imediatas e raiz, de modo a apoiar o desenvolvimento de um modelo estruturado de planeamento de ações preventivas.

Foi realizada uma análise documental qualitativa e descritiva de quinze relatórios oficiais de investigação de acidentes, provenientes de entidades reconhecidas. Os acidentes foram classificados por tipologia e fase da obra, tendo sido aplicada uma análise causal por meio dos métodos 5 Porquês e Root Cause Analysis (RCA), com recurso à Árvore de Causas, em alinhamento com os princípios da norma ISO 45001.

Os resultados demonstraram que 73% dos acidentes analisados poderiam ter sido evitados. As quedas em altura e os colapsos estruturais foram os eventos mais frequentes. As principais causas raiz identificadas foram falhas de planeamento, supervisão inadequada, insuficiência de formação e deficiências de comunicação, o que evidencia o peso dos fatores organizacionais.

Os resultados reforçam a importância de uma abordagem sistémica à investigação de acidentes e demonstram que a transformação das conclusões das investigações em ações preventivas estruturadas pode contribuir significativamente para a melhoria da gestão da segurança e para a redução da recorrência de acidentes na construção.

Palavras-chave: Segurança na Construção, Investigação de Acidentes de Trabalho, Análise de Causas Raiz, Fatores Humanos, Planeamento de Ações Preventivas.

INTRODUÇÃO

O setor da construção é reconhecido internacionalmente como uma das atividades económicas com maior exposição a riscos ocupacionais e uma das que apresentam taxas persistentemente elevadas de acidentes de trabalho graves e fatais. Apesar dos avanços no âmbito da regulamentação, da normalização técnica e da evolução dos sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho, a sinistralidade laboral na construção mantém-se elevada. Esta realidade reflete a complexidade das atividades desenvolvidas em estaleiros temporários e móveis, caracterizados por elevada variabilidade operacional, uso intensivo de equipamentos e coexistência de múltiplos intervenientes (Sawacha *et al.*, 1999; Waehrer *et al.*, 2007; International Labour Organization, 2015).

A investigação de acidentes de trabalho constitui uma ferramenta fundamental para compreender os mecanismos que levam à ocorrência de eventos indesejados e para apoiar a prevenção de sua repetição. No entanto, em muitos contextos organizacionais, os relatórios de investigação são utilizados sobretudo para fins de cumprimento legal ou de atribuição de responsabilidades, não sendo plenamente explorados como instrumentos de aprendizagem organizacional e de melhoria contínua. A literatura científica evidencia que ainda há poucos estudos que sistematizam múltiplos relatórios de investigação, com enfoque explícito na conversão das conclusões em ações preventivas estruturadas, particularmente no setor da construção.

Diversos autores demonstram que os acidentes na construção raramente resultam de uma única falha técnica ou de um erro individual isolado, antes, são consequência da interação entre fatores técnicos, humanos e organizacionais. De acordo com o modelo de acidentes organizacionais de Reason (1997) e desenvolvido por Dekker (2011), as falhas latentes nos sistemas organizacionais criam condições propícias à ocorrência de acidentes quando combinadas com falhas ativas. Esta perspetiva é reforçada por Cooper (2000) e Hudson (2001), que destacam o papel da cultura de segurança e da liderança na prevenção de acidentes e na redução da recorrência de eventos graves. Este artigo resulta da síntese e adaptação académica de um relatório técnico desenvolvido no âmbito da formação em Segurança e Higiene Ocupacionais, mantendo a coerência metodológica, analítica e conclusiva do trabalho original.

Neste contexto, o presente estudo propõe-se a analisar quinze relatórios de investigação de acidentes no setor da construção, aplicando metodologias de análise causal reconhecidas, com o

objetivo de identificar causas imediatas e causas raiz e de apoiar o desenvolvimento de um enquadramento estruturado para o planejamento de ações preventivas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo baseou-se numa análise documental qualitativa e descritiva de relatórios oficiais de investigação de acidentes de trabalho ocorridos no setor da construção civil, com o objetivo de compreender os mecanismos causais subjacentes a acidentes graves e fatais e identificar padrões recorrentes que sustentem o planejamento de ações preventivas estruturadas. Foram analisados quinze relatórios de investigação de acidentes provenientes de entidades reconhecidas internacionalmente, nomeadamente a Occupational Safety and Health Administration (OSHA) e o National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Os relatórios referem-se a acidentes ocorridos em diferentes contextos de obra, incluindo a construção de edifícios, a infraestrutura e a montagem de estruturas temporárias. Os critérios de inclusão consideraram apenas relatórios completos, com descrição detalhada do evento, identificação das causas e recomendações, bem como acidentes com consequências graves ou fatais.

Os relatórios foram organizados numa base de dados estruturada, permitindo a normalização da informação relativa ao tipo de acidente, à fase da obra, à atividade desenvolvida, às consequências e aos fatores contributivos. Os acidentes foram classificados por tipologia, nomeadamente quedas em altura, colapsos estruturais ou de equipamentos, acidentes por atingimento de objetos e choques elétricos, bem como segundo a fase da obra.

A análise causal foi realizada por meio da aplicação combinada dos métodos 5 Porquês e Root Cause Analysis (RCA), utilizando a Árvore de Causas como ferramenta de representação sistémica. O método dos 5 Porquês, originalmente desenvolvido no contexto do Toyota Production System (Ohno, 1988), permite aprofundar a sequência causal de um evento até à identificação da causa raiz (Rooney & Heuvel, 2004). Complementarmente, a RCA permite identificar falhas técnicas, humanas e organizacionais para além dos erros imediatos (Latino & Latino, 2006), em alinhamento com modelos sistémicos de investigação de acidentes (Katsakiori *et al.*, 2009).

RESULTADOS

A análise dos quinze relatórios permitiu identificar padrões consistentes relativamente à tipologia dos acidentes, às fases da obra e às causas imediatas e causas raiz associadas.

As quedas em altura constituíram a tipologia de acidente mais frequente, com seis casos analisados, seguidas dos colapsos estruturais ou de equipamentos, com cinco ocorrências. Os acidentes por atingimento de objetos totalizaram três casos, enquanto os choques elétricos foram identificados num único relatório. A distribuição dos tipos de acidentes encontra-se representada na Figura 1, evidenciando a predominância de eventos associados a trabalhos em altura e a estruturas temporárias. A maioria dos acidentes ocorreu durante a fase de execução.

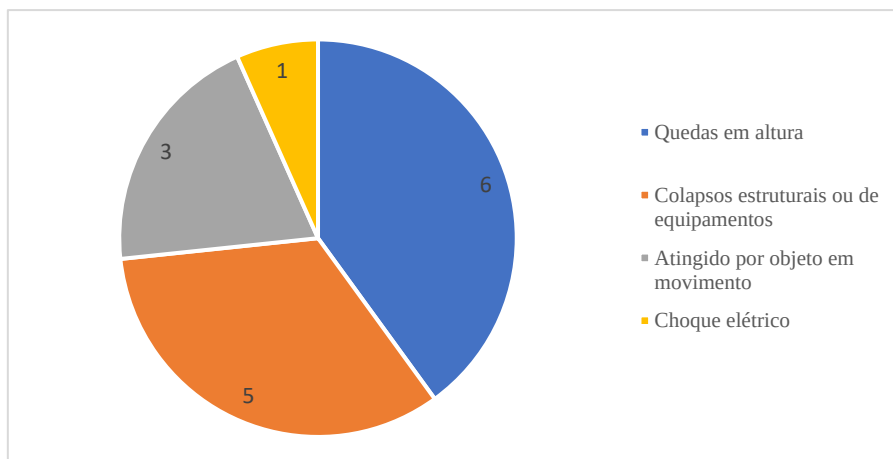


Figura 1: Distribuição dos tipos de acidentes analisados no setor da construção (n = 15).

A análise dos acidentes por fase da obra revelou que a maioria das ocorrências se concentrou na fase de execução, o que corresponde a cerca de dois terços dos casos analisados. As restantes ocorrências distribuíram-se pelas fases de montagem e desmontagem de estruturas temporárias, bem como pelas atividades de inspeção e manutenção. Estes resultados evidenciam que a fase de execução, caracterizada por maior intensidade operacional e coexistência de múltiplas tarefas e intervenientes, constitui o período de maior exposição ao risco no setor da construção.

As causas imediatas mais recorrentes incluíram a ausência ou falha de medidas de proteção coletiva, comportamentos inseguros e utilização inadequada de equipamentos de proteção individual. A aplicação dos métodos “5 Porquês” e RCA permitiu identificar causas raiz predominantemente organizacionais. Conforme apresentado na Figura 2, destacaram-se falhas de planeamento e avaliação de riscos, supervisão inadequada, insuficiência de formação, pressão por prazos e falhas de comunicação. Globalmente, cerca de 73% dos acidentes analisados poderiam ter sido evitados com a implementação de medidas preventivas adequadas.

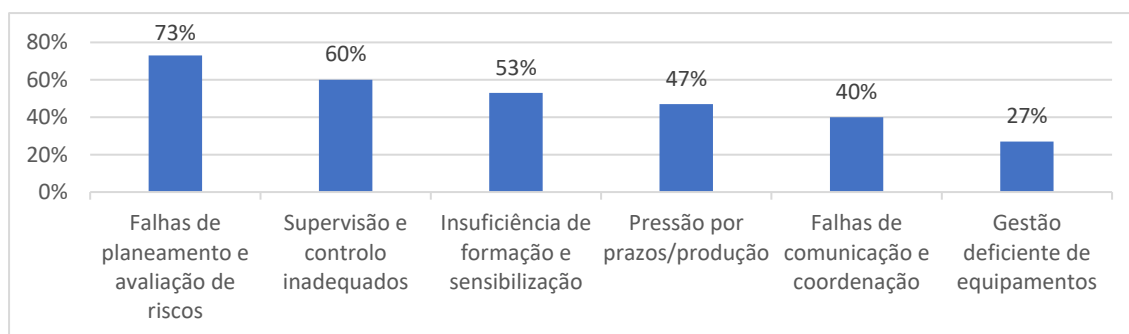


Figura 2: Principais causas raiz identificadas por meio dos métodos “5 Porquês” e “Root Cause Analysis”.

DISCUSSÃO

Os resultados confirmam tendências amplamente descritas na literatura científica, nomeadamente a predominância de quedas em altura e de colapsos estruturais como principais causas de acidentes graves e fatais na construção (Chi *et al.*, 2005). A distribuição apresentada na Figura 1 é consistente com estudos anteriores, evidenciando que, apesar da existência de requisitos legais e normas técnicas, os riscos associados a estas atividades continuam insuficientemente controlados.

A predominância de causas raiz organizacionais, evidenciada na Figura 2, indica que as causas imediatas observáveis são manifestações de falhas sistêmicas mais profundas. Este resultado está em consonância com o modelo de acidentes organizacionais de Reason (1997). Autores como Rooney e Heuvel (2004) e Latino *et al.* (2006) reforçam que a identificação das causas raiz é essencial para prevenir a recorrência de acidentes, sendo os métodos sistêmicos mais eficazes do que as abordagens centradas exclusivamente no erro humano.

Para além da interpretação teórica dos resultados, estes apresentam implicações práticas relevantes para a gestão da segurança em estaleiros de construção. A predominância de causas raiz de natureza organizacional evidencia a necessidade de reforçar os processos de planeamento, avaliação de riscos e supervisão das atividades críticas, particularmente durante a fase de execução da obra. A integração sistemática das conclusões das investigações de acidentes no planeamento operacional, na formação dos trabalhadores e na definição de responsabilidades de supervisão pode contribuir para uma abordagem mais proativa da segurança. Neste sentido, os resultados reforçam a importância de sistemas de gestão da segurança orientados para a aprendizagem organizacional, nos quais a investigação de acidentes seja utilizada como ferramenta estratégica de prevenção e de melhoria contínua, em alinhamento com os princípios da norma ISO 45001.

CONCLUSÕES

A análise de quinze relatórios de investigação de acidentes no setor da construção confirma que a maioria dos acidentes graves e fatais é previsível e evitável. Embora as causas imediatas frequentemente estejam associadas a falhas técnicas ou comportamentais, as causas raiz são predominantemente organizacionais. O estudo demonstra que a aplicação combinada dos métodos dos 5 Porquês e da *Root Cause Analysis* constitui um suporte eficaz para transformar investigações de acidentes em ações preventivas estruturadas, promovendo a aprendizagem organizacional e a melhoria contínua da gestão da segurança.

ACKNOWLEDGEMENTS AND FUNDING

Os autores agradecem ao Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais (MESHO) o apoio institucional prestado ao desenvolvimento deste trabalho, bem como o financiamento associado à sua divulgação científica.

REFERENCES

- Alruqi, W. M., Hallowell, M. R., & Techera, U. (2019). Critical success factors for construction safety: A structural equation modeling approach. *Safety Science*, 118, 487-498.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.05.038>
- 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>
- Cooper, M. (2000). Towards a model of safety culture. *Safety Science*, 36, 111-136.
doi:[https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00035-7](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00035-7)
- Dekker, S. (2011). *Drift into Failure: From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems*. Ashgate.
- EU-OSHA. (2014). *Estimating the cost of accidents and ill-health at work*. European Agency for Safety and Health at Work.

- EU-OSHA. (2019). *Improving compliance with occupational safety and health regulations*. European Agency for Safety and Health at Work.
- Goh, Y. M., & Chua, S. (2013). Knowledge, attitude and practices for design for safety: A study on civil & structural engineers. *Accident Analysis & Prevention*, 59, 326–334.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.06.023>
- Health, N. I. (n.d.). *FACE™ Reports*. NIOSH. Retrieved from FACE™ Reports.
- Hudson, P. (2001). *Safety Culture: Theory and Practice*. Delft University Press.
- ILO. (2015). *Safety and health at work: A vision for sustainable prevention*. International Labour Organization.
- Katsakiori, M., Sakellariopoulos, 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>
- Latino, N. J., & Latino, K. C. (2006). *Root Cause Analysis: Improving Performance for Bottom-Line Results*. CRC Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond large-scale production*. Productivity Press.
- OSHA. (2025). *Occupational Safety and Health Administration*. Occupational Safety and Health Administration. Retrieved from OSHA: <https://www.osha.gov/>
- Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Ashgate.
- Rooney, J. J., & Heuvel, L. V. (2004). Root Cause Analysis For Beginners. *Quality Progress*, 45-53.
- Salguero-Caparrós, F., Suárez-Cebador, M., & Carrillo-Castrillo, J. A. (2015). Safety management systems in construction companies: A case study. *Safety Science*, 80, 282–291.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.08.012>
- Sawacha, E., Naoum, S., & Fong, D. (1999, October). Factors affecting safety performance on construction sites. *International Journal of Project Management*, 17, 309-315.
doi:[https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00042-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00042-8)
- Waeherer, G. M., Dong, X. S., Miller, T., Haile, E., & Men, Y. (2007, November). Costs of occupational injuries in construction in the United States. *Accident Analysis & Prevention*, 39, Pages 1258-1266.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.012>