M 2022

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

AVALIAÇÃO PÓS-CONSTRUÇÃO [APC] – DESEMPENHO EM FASE DE GARANTIA

DIOGO COUCEIRO DE QUEIROZ NEVES
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ÁREA CIENTÍFICA DE ENGENHARIA CIVIL

U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

AVALIAÇÃO PÓS CONSTRUÇÃO [APC] – DESEMPENHO EM FASE DE GARANTIA

DIOGO COUCEIRO DE QUEIROZ NEVES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Calejo Gonçalves

FEVEREIRO 2022

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2021/2022

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil – 2021/2022 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2022*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

O orientador reserva-se nos direitos sobre os conteúdos científicos deste documento.

À memória do meu querido Tio Carlos

“Be the best version of yourself in anything you do.”
Stephen Curry

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação é o culminar de um longo e duro percurso, mas sem as pessoas que me são chegadas e importantes, não estaria nesta posição por isso, a todos, o meu maior e mais sincero obrigado.

Ao meu orientador, Professor Doutor Rui Calejo Rodrigues, pela sua orientação e acompanhamento constante, pela transmissão de conhecimento e por todos os conselhos que me motivaram para a execução desta dissertação.

Ao Eng. José Alberto Oliveira, ao Eng. João Pedro Paiva e ao José Manuel Silva, por todo o apoio, simpatia e profissionalismo que demonstraram desde o primeiro dia, por toda a experiência e saber que me transmitiram e por todo o acompanhamento ao longo deste últimos meses.

Ao Grupo Casais e à Constru, por me terem providenciado a possibilidade de desenvolver o presente documento junto dos seus membros e instalações e por toda a informação disponibilizada.

Aos meus colegas de trabalho do grupo IKEA, por todo o carinho e apoio que sempre demonstraram e por todos os incentivos e motivação.

Aos meus amigos que percorreram esta jornada académica – Pedro, Mariana, José e Henrique – pela amizade que se manterá para toda a vida, por todas as memórias fantásticas que temos juntos e pelo futuro que ainda nos espera.

A todos os meus amigos – Nuno Carvalhais, Francisco Félix, Gonçalo Gorito, entre muitos outros, a vossa amizade é das coisas mais bonitas que a minha vida tem e só espero que assim continue.

Aos meus amigos mais chegados, Henrique e Catarina, pelas provocações e incentivos para ser sempre o melhor que consigo ser, por me motivarem a lutar pelos meus objetivos e, acima de tudo, pela amizade que perdurará.

Aos meus avós Murilo e Maria José, tio Lilo e tia Luz, tia Zé, primos Rodrigo e Murilo e primas Sofia e Maria, pelo apoio incondicional que me oferecem, pelas lições de vida e pelo amor e carinho, que me fizeram o homem que sou hoje.

Ao meu querido Tio Carlos, apesar de não estares cá em baixo connosco, sei que estás aí em cima a olhar por nós, por mim, e só espero que estejas orgulhoso da nossa família.

Aos meus pais, Paulo e Lili, por serem uns pais fantásticos, pela força que vocês têm ao lutarem todos os dias para proporcionarem aos vossos 5 filhos as melhores condições que a vida pode oferecer, pelo amor incondicional que têm por nós e pelas infinitas lições que nos transmitem e fizeram de nós, os homens e mulheres que somos hoje. A vocês, o meu eterno obrigado e só espero conseguir deixar-vos orgulhosos.

Aos meus irmãos – David, Madalena, Maria e Marta – os meus verdadeiros melhores amigos. Uma vida ao vosso lado é a maior alegria que posso ter e vocês são o melhor que a vida me deu. Somos 5, cada um diferente do outro, mas o nosso core é o mesmo e a nossa ligação é inigualável. Sem vocês, não era o que sou hoje e é com vocês que continuarei a ser o melhor que posso ser.

Por fim, à minha companheira de vida, a minha metade, a pessoa que me acompanha em todas as fases boas e más da vida, a pessoa que sempre me apoiou quando mais precisei e que nunca me largou quando tudo parecia perdido. A pessoa que me faz ser verdadeiramente feliz e completo, pois é ao teu lado que a vida se construirá. Espero conseguir deixar-te orgulhosa e que continuaremos, juntos, a percorrer esta nossa linda história sem fim. A ti, Mónica, o maior obrigado do mundo.

A todos vocês, o meu eterno obrigado.

RESUMO

É difícil antecipar que possam existir anomalias na construção de elementos recentes, ou seja, no início da sua fase de serviço. A origem de tais anomalias pode estar em várias fases do processo, desde a elaboração do projeto à realização e edificação, à qualidade dos materiais de construção, até mesmo à fase de utilização.

Assim, um erro em qualquer fase do processo pode obrigar a uma retificação do edificado mais cedo que o antecipado, pode levar a custos superiores aos calculados previamente e pode, também, levar à rotura de relações e confiança entre o Dono de Obra e o Empreiteiro/Empresa Construtora.

Esta dissertação tem como fundamento a análise e estudo de casos de estudo reais, investigando-se o desempenho do edifício, em fase de garantia, e estudar-se várias possibilidades para prevenir que tais patologias na construção sejam evidenciadas na fase inicial do tempo de vida dos edifícios, de forma a haver a possibilidade de controlar custos adicionais que as empresas, por vezes, não conseguem suportar.

Recorrendo a uma metodologia de identificação de Árvores de Falha (cuja proposta original se apresenta no Capítulo 3) procura-se a origem da patologia, qual a entidade que deve assumir a responsabilidade da não conformidade, se existe a possibilidade de formar os operários para prevenir situações semelhantes no futuro.

Os resultados apresentados face ao estudo dos casos reais permitem a verificação e elaboração de possíveis estratégias de abordagem e prevenção da ocorrência de anomalias em fase prematura de serviço e, consequentemente, reduzir custos de reparação que possam existir, preservando o parque edificado durante mais tempo para que o seu desempenho seja elevado e cumpra com as expectativas para o mesmo.

PALAVRAS-CHAVE: Edifícios, Fase de Garantia, Avaliação Pós-Ocupação, Patologias da Construção, Custo em Serviço.

Versão para discussão

ABSTRACT

It is difficult to anticipate that there may be anomalies in the construction of recent elements, that is, at the beginning of their service phase. The origin of such anomalies can be in various stages of the process, from the development of the design to the execution, to the quality of the building materials, even to the using stage.

Thus, an error at any stage of the process may require an intervention in the building earlier than anticipated, can lead to costs higher than those previously calculated and may also lead to the rupture of relationships and trust between the Construction Owner and the Contractor/Construction Company.

This dissertation is based on the analysis and study of real case studies, investigating the performance of the building, in the warranty phase, and studying several possibilities to prevent such pathologies in construction from being evidenced in the initial phase of the life of buildings, so that there is the possibility of controlling additional costs that companies, sometimes, can't afford.

Using a methodology for identifying Fault Trees (whose original proposal is presented in Chapter 3), it is investigated the origin of the pathology, which entity should assume the responsibility of the non-conformity, whether there is the possibility of training workers to prevent similar situations in the future.

The results presented in view of the study of real cases allow the verification and elaboration of possible strategies to approach and prevent the occurrence of anomalies in premature phase of service and, consequently, reduce repair costs that may exist, preserving the built inventory for longer so that its performance is high and meets expectations for it.

KEYWORDS: Buildings, Warranty Phase, Post-Occupation Evaluation, Construction Pathologies, Cost in Service.

Versão para discussão

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i
RESUMO iii
ABSTRACT v
ÍNDICE GERAL vii
ÍNDICE DE FIGURAS xi
ÍNDICE DE QUADROS xv

1. Introdução 1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL 1
1.2. ENQUADRAMENTO ECONÓMICO E CULTURAL 1
1.3. PROBLEMÁTICA A ABORDAR NESTA DISSERTAÇÃO 2
1.4. ÂMBITO E OBJETIVOS 3
1.5. MÉTODO CIENTÍFICO 3
1.6. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO 4
1.7. ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO 5

2. Revisão do conhecimento 7
2.1. BIBLIOMETRIA 7
2.1.1. INTRODUÇÃO 7
2.1.2. DOCUMENTOS CONSULTADOS 7
2.1.3. ANÁLISE DOS DOCUMENTOS CONSULTADOS 12
2.2. INTRODUÇÃO À REVISÃO DA LITERATURA 14
2.3. CONCEITO DE MANUTENÇÃO 15
2.4. CONCEITO DE QUALIDADE 15
2.4.1. FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS 16
2.4.2. ÁRVORES DE FALHAS 16
2.5. REGISTO DE RECLAMAÇÕES 17
2.6. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO 18

3. Metodologia a Aplicar na Avaliação Pós-Construção 21
3.1. INTRODUÇÃO 21
3.2. MÉTODO DE ÁRVORE DE FALHAS 21

3.2.1. Apresentação 21
3.2.2. Elaboração de uma FTA 22
3.2.3. Vantagens e Desvantagens Da FTA 23
3.2.4. Elementos Constituintes Da Árvore de Falhas 24
3.2.5. Conjuntos de Corte 25
3.3. Método Aplicativo da FTA 25
3.3.1. Noções Iniciais 25
3.3.2. Metodologia de Aplicação 26
3.4. Construção da Árvore de Falhas 28
3.4.1. Gestão/Planeamento 28
3.4.2. Projeto 31
3.4.3. Utilização 32
3.4.4. Mão de Obra 32
3.4.5. Materiais de Construção 33
3.5. Indicações Finais 35

4. Introdução dos casos de estudo 37
4.1. Indicações Iniciais 37
4.2. Obra 1 37
4.2.1. Caso de Estudo 1 38
4.3. Obra 2 38
4.3.1. Caso de Estudo 2 39
4.3.2. Caso de Estudo 3 39
4.3.3. Caso de Estudo 4 40
4.4. Obra 3 40
4.4.1. Caso de Estudo 5 41
4.4.2. Caso de Estudo 6 41
4.5. Obra 4 42
4.5.1. Caso de Estudo 7 42
4.5.2. Caso de Estudo 8 43
4.6. Obra 5 43
4.6.1. Caso de Estudo 9 44
4.6.2. Caso de Estudo 10 44
4.7. Obra 6 45
4.7.1. Caso de Estudo 11 45

4.7.2. CASO DE ESTUDO 12 46
4.8. OBRA 7 47
4.8.1. CASO DE ESTUDO 13 47

5. Apresentação dos Resultados 49
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 49
5.2. CASO DE ESTUDO 1 49
5.3. CASO DE ESTUDO 2 51
5.4. CASO DE ESTUDO 3 52
5.5. CASO DE ESTUDO 4 54
5.6. CASO DE ESTUDO 5 57
5.7. CASO DE ESTUDO 6 59
5.8. CASO DE ESTUDO 7 60
5.9. CASO DE ESTUDO 8 62
5.10. CASO DE ESTUDO 9 64
5.11. CASO DE ESTUDO 10 65
5.12. CASO DE ESTUDO 11 68
5.13. CASO DE ESTUDO 12 70
5.14. CASO DE ESTUDO 13 72
5.15. ANÁLISE ESTATÍSTICA 75
5.16. ANÁLISE DE CUSTOS 78
5.17. MEDIDAS DE PREVENÇÃO 80

6. Conclusão 83
6.1. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO 83
6.2. RESUMO DOS CAPÍTULOS 85
6.3. DIFICULDADES SENTIDAS 86
6.4. PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO 86

Bibliografia 89

Anexos

ANEXO A: Árvore de Falhas Gestão/Planeamento.....A1
ANEXO B: Árvore de Falhas Projeto.....A2
ANEXO C: Árvore de Falhas Utilização.....A3
ANEXO D: Árvore de Falhas Mão de Obra.....A4
ANEXO E: Árvore de Falhas Materiais de Construção.....A5
ANEXO F: Árvore de Falhas Global.....A6
ANEXO G: Árvore de Falhas – Causas mais frequentes.....A7

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 – Excerto de uma notícia sobre a Indústria da Construção. 1
Fig. 1.2 – Fluxograma dos passos do Método Científico. 4
Fig. 2.1 – Distribuição temporal dos documentos utilizados. 12
Fig. 2.2 – Número de documentos pela respetiva fonte. 13
Fig. 2.3 – Distribuição dos principais conceitos da Bibliometria. 13
Fig. 2.4 – Relação entre os custos de manutenção e os custos de reabilitação. (Neves et al., 2018). ..18
Fig. 2.5 – Relação entre número de patologias e a idade do edifício. (Neves et al., 2018). 18
Fig. 2.6 – Níveis de aplicação da APO. (Adaptado de (Preiser, 1995)). 19
Fig. 2.7. – Objetivos, métodos, tempo necessário e comentários para cada nível da APO. (Adaptado de (Turpin-Brooks & Viccars, 2006)). 20
Fig. 3.1 – Exemplo de uma Árvore de Falhas. (Adaptado de (Mendonça, 2013)). 23
Fig. 3.2 – Apresentação dos 8 passos a seguir na construção de uma Árvore de Falhas. (Adaptado de (Stamatelatos et al., 2002)). 26
Fig. 3.3 - Excerto da Árvore de Falhas global, relativamente à fase de Gestão e Planeamento. 30
Fig. 3.4 - Excerto da Árvore de Falhas global, relativamente à fase de Projeto. 31
Fig. 3.5 – Excerto da Árvore de Falhas global, relativa à Utilização. 32
Fig. 3.6 – Excerto da Árvore de Falhas global, relativa à mão de obra. 34
Fig. 3.7 – Excerto da Árvore de Falhas global, relativa aos Materiais de Construção. 35
Fig. 3.8 – Árvore de Falhas global. 35
Fig. 4.1 – Estaleiro da construção da ETAR de Pomares, Arganil. 37
Fig. 4.2 – Representação visual do Caso de Estudo 1. 38
Fig. 4.3 – Instituição solidária na cidade do Porto. 38
Fig. 4.4 – Teste realizado no pavimento na procura da anomalia. 39
Fig. 4.5 – Fissuras presentes nas fachadas e os testes realizados recorrendo a um fissurómetro. 39
Fig. 4.6 – Registo fotográfico da anomalia reportada. 40
Fig. 4.7 – Nova UCI do Centro Hospitalar. (SNS, 2021). 41
Fig. 4.8 – Registo fotográfico de um dos reservatórios. 41
Fig. 4.9 – Representação visual da porta corta-fogo em questão, destacada a vermelho. (DFS, 2021).42
Fig. 4.10 – Edifício em estudo, em Lisboa. 42
Fig. 4.11 – Registo fotográfico da anomalia registada, com a zona afetada destacada a vermelho. 43
Fig. 4.12 – Registo fotográfico da anomalia registada. 43
Fig. 4.13 – Edifício em estudo, em Lisboa. 44

Fig. 4.14 – Registo fotográfico do alçapão presente no teto da sala de estar. 44

Fig. 4.15 – Anomalia detetada, fotografia da esquerda referente ao piso de cima e fotografia da direita referente ao piso de baixo. 45

Fig. 4.16 – Hotel de luxo, na cidade do Porto. 45

Fig. 4.17 – Circuito de limpeza da água de abastecimento do hotel à esquerda e local da anomalia à direita. 46

Fig. 4.18 – Registo visual da presença de água por baixo do foco de iluminação. 46

Fig. 4.19 – Ponte sobre o Rio Dão, no IP3. 47

Fig. 4.20 – Representação fotográfica da anomalia reportada. 47

Fig. 5.1 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 50

Fig. 5.2 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 51

Fig. 5.3 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 53

Fig. 5.4 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 53

Fig. 5.5 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 54

Fig. 5.6 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 56

Fig. 5.7 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 56

Fig. 5.8 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 58

Fig. 5.9 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 58

Fig. 5.10 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 59

Fig. 5.11 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 61

Fig. 5.12 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 61

Fig. 5.13 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 63

Fig. 5.14 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 63

Fig. 5.15 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 65

Fig. 5.16 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 67

Fig. 5.17 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 67

Fig. 5.18 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 69

Fig. 5.19 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 69

Fig. 5.20 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 71

Fig. 5.21 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 71

Fig. 5.22 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 73

Fig. 5.23 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho. 74

Fig. 5.24 – Análise estatística da amostra. 75

Fig. 5.25 – Quantificação numérica das Categorias. 76

Fig. 5.26 – Representação gráfica da percentagem dos Eventos de primeira linha. 77
Fig. 5.27 – Representação gráfica das principais causas das anomalias. 78
Fig. 5.28 – Árvore de Falhas com caminhos de falha mais frequentes. 78
Fig. 5.29 – Gráfico das medidas de prevenção.....81

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Representação gráfica dos Eventos numa *Standard Fault Tree*. 24
Quadro 3.2 – Representação gráfica das Portas Lógicas numa *Standard Fault Tree*. 25
Quadro 5.1 – Relação entre Casos de Estudo e os custos associados. 79

Versão para discussão

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

APC – Avaliação Pós-Construção

APO – Avaliação Pós-Ocupação

APV – Assistência Pós-Venda

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

FT – *Fault Tree*

FTA – *Fault Tree Analysis*

POE – *Post-Occupancy Evaluation*

SFT – *Standard Fault Tree*

UCI – Unidade de Cuidados Intensivos

1 INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

Esta dissertação é desenvolvida com o intuito de interpretar e analisar situações de defeitos na construção, manifestadas em fase de garantia de edifícios, assim como a tentativa de criação de medidas preventivas destinadas à fase de execução e produção, de forma a ser possível a redução de custos associados à reparação das mesmas situações. Será baseada em casos de estudo reais, reportados e catalogados por uma empresa. Assim, serão estudados e interpretados alguns casos, com vista a detetar possíveis estratégias e métodos de controlo, em tentativa de redução do número de reclamações e de custos de reparação e, consequentemente, aumentar a qualidade da execução da obra e fomentar a boa imagem que a empresa deseja manter junto dos seus clientes.

1.2. ENQUADRAMENTO ECONÓMICO E CULTURAL

Vários estudos sugerem que a maior contribuição para a existência de reclamações e não-conformidades na construção têm origem na qualidade da mão de obra e na elevada procura de subempreitadas e é destes aspetos que advém a grande maioria das reclamações processadas em fase de garantia (Forcada et al., 2013). A qualidade da mão de obra tem sido um problema com crescente preocupação na Indústria da Construção, dado que cada vez mais existe falta de profissionais qualificados para a correta execução dos trabalhos de forma a satisfazerem a elevada procura por parte das empresas de construção.

A Figura 1.1 mostra uma passagem de uma notícia publicada no Diário de Notícias, sobre a Indústria da Construção e a correspondente falta de mão de obra.

> As gruas passaram a fazer parte das paisagens urbanas. **O setor revitalizou-se, cresceu mais de 3% face ao ano passado, mas depara-se com um problema grave: a falta de 70 mil trabalhadores qualificados**.

Fig. 1.1 – Excerto de uma notícia sobre a Indústria da Construção (Henriques, 2019)

Aqui, a jornalista Graça Henriques reporta que "*A forma de colmatar a falta de operários nacionais acaba por ser o recurso a operários sem qualificação, sobretudo migrantes vindos da Ásia, do Brasil ou de África, que redes de angariadores, em muitos casos, exploram pagando salários baixos e sem fazer descontos para Segurança Social, alguns a viver em situações desumanas*". (Henriques, 2019)

Com esta informação, é possível averiguar que a Indústria da Construção tem um impacto elevado na cultura do país e da sociedade, uma vez que tem elevada necessidade de atrair trabalhadores de outras nacionalidades, numa tentativa de compensar a falta de profissionais qualificados e de trabalhadores para executarem o processo construtivo. No entanto, a construção possui um significante impacto

económico para as empresas, do qual apenas será tido em conta os custos de trabalho e reparação em fase de garantia, sendo que é este o foco da presente dissertação.

Segundo consta no Art.º 397 do Decreto-Lei nº. 18/2008, que aprova o Código dos Contratos Públicos, é possível averiguar nos Números 1 e 2 que:

"*1 – Na data da assinatura do auto de receção provisória inicia-se o prazo de garantia, durante o qual o empreiteiro está obrigado a corrigir todos os defeitos da obra.*"

"*2 – O prazo de garantia varia de acordo com o defeito da obra, nos seguintes termos:*

a) 10 anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos estruturais;

b) 5 anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos não estruturais ou a instalações técnicas;
c) 2 anos, no caso de defeitos relativos a equipamentos afetos à obra, mas dela autonomizáveis." (Decreto Lei 18/2008, 2008)

Este artigo mostra o tipo de responsabilidade que recai sobre o empreiteiro, referente ao período de pós construção, onde é legalmente obrigado a prestar apoio e a corrigir todos os defeitos que surjam no edifício, sejam eles de natureza estrutural ou não.

No caso da execução de determinadas tarefas serem executadas por subempreiteiros, cabe aos mesmos o processo de reparação, assim como o encargo de custos das intervenções, na medida em que foi o subempreiteiro que de facto realizou tais tarefas e a sua eventual reparação é da sua responsabilidade.

Assim, ao abrigo deste artigo, sempre que são registadas reclamações, automaticamente a empresa construtora terá que estudar a situação, determinar se detém algum tipo de responsabilidade e tentar calcular o custo que terão para reparar tais anomalias, caso seja de seu dever.

É também recorrente os custos de reparação em fase de garantia não estarem previstos no orçamento. Por vezes, estes custos acabam por ser significativos, o que tem um impacto negativo para empresa, não só do ponto de vista económico mas também da imagem que é passada para o cliente.

Daí ser fundamental o controlo da qualidade e da execução dos trabalhos e a respetiva previsão (ou salvaguarda) de potenciais custos de reparação, de forma a tentar reduzir os impactos negativos que advém destas situações.

1.3. PROBLEMÁTICA A ABORDAR NESTA DISSERTAÇÃO

Durante a execução do processo construtivo, todos os intervenientes fazem os seus possíveis para assegurar que tudo é realizado com o maior profissionalismo e rigor, de forma a minimizar a necessidade de intervenção na fase de pós-construção, pois é este rigor e profissionalismo que são fundamentais à redução de reclamações processadas pelos clientes.

Sendo que tais falhas só se manifestam após o término do processo construtivo, há a necessidade de procurar metodologias que ajudem à prevenção da ocorrência destas situações.

À falta de tais metodologias, recai sobre um técnico/ engenheiro da empresa a realização do processo de investigação da anomalia ou patologia, o que implica tempo, custos, organização de planos de trabalho e a execução do mesmo.

Desta forma, verifica-se a necessidade e interesse na existência de métodos com fundamentação científica de apoio à determinação de causas remotas, na tentativa de as identificar e evitar, com vista na redução de custos e de tempo despendido, incentivando a boa relação cliente-empresa.

Versão para discussão

1.4. ÂMBITO E OBJETIVOS

Apesar de o conceito da Manutenção ser frequentemente utilizado na Indústria da Construção, esta vertente é habitualmente mais relevante numa fase mais avançada da utilização dos edifícios, o que demonstra reduzida aplicação ao tema em estudo. No entanto, é um conceito importante na medida em que, por vezes, são reportadas anomalias presentes nas construções que não são resultado de má execução em fase de construção, mas sim resultados de incorreta utilização e preservação. Citando (Azevedo, 2016) "*A identificação dos erros na construção baseia-se no estudo dos sintomas e manifestações das anomalias construtivas, nas várias hipotéticas causas, como a responsável pela ocorrência de uma determinada anomalia*".

Assim, é objetivo da presente dissertação descobrir um conjunto de anomalias que surgem, a sua causa inerente, o custo associado ao seu reparo e possíveis estratégias de controlo e prevenção, não só nos casos de estudo utilizados mas que haja a possibilidade de expansão para a construção de uma maneira geral.

Uma abordagem com elevado interesse na temática em causa está na proposta da elaboração de métodos de defeitos/anomalias, na fase de garantia de edifícios, onde se permite a identificação de causas e se admite que, uma vez identificadas tais anomalias, estas podem ser prevenidas e evitadas noutras obras futuras, ou até mesmo que estejam ainda em fase de execução.

Um conceito importante que deve estar presente na gestão de um edifício é a sua manutenção correta e a antecipação das possíveis intervenções que possam ser necessárias executar. Novamente, o conceito da Manutenção aplica-se a fases mais avançadas do período de vida útil do edifício mas, porventura, é importante estar bem presente nos utilizadores.

Assim, é possível ao Dono de Obra uma melhor gestão económica de forma a assegurar que existem fundos destinados a tais intervenções, nos casos que se verifica que tais anomalias advêm da utilização e não da construção

Dito isto, o objetivo fundamental da presente dissertação é a análise de edifícios em fase de garantia. Serão estudados alguns casos reais, com o intuito de fazer um levantamento das anomalias reportadas, quais as suas potenciais causas e origens, quais os trabalhos de reparação e respetivos custos e, por fim, possíveis estratégias e métodos de gestão que sejam úteis para a prevenção ou, até, eliminação de tais anomalias se reportarem no futuro.

Por fim, fica por analisar a possibilidade de globalização das conclusões que serão obtidas da presente dissertação ou se as mesmas se limitam ao âmbito dos casos de estudo recolhidos. Idealmente, a expectativa do autor estabelece-se na tentativa da generalização das conclusões retiradas da elaboração do presente documento, onde o conhecimento possa ser alastrado para a aplicação internacional na tentativa da melhoria da qualidade da construção.

1.5. MÉTODO CIENTÍFICO

O método científico utilizado no presente documento relaciona-se com a aquisição de conhecimento, seja novo ou a evolução de conhecimento já existente, baseando-o em publicações cientificas devidamente legitimadas. O método científico é caracterizado pela observação, investigação e estudo, de forma metódica e sistemática, de casos reais que assentam na noção de uma verdade objetiva. (Buddies, 2012)

Primeiramente, é colocada a questão que tem por base toda a aplicação do método. De seguida, existe a fase da pesquisa e procura de informação sobre o assunto e, depois, é elaborada a Proposta de Modelo. São realizadas experimentações, observações e questionários, em ambiente controlado e sistemático, para verificar a sua veracidade e precisão.

As conclusões obtidas pela aplicação do método podem corroborar com a hipótese originalmente definida, como também podem provar que tal hipótese está errada, o que leva a nova aquisição de

conhecimento (aceitação de que a teoria não se consegue provar) ou até ao desenvolvimento de alterações à hipótese, de forma a tentar que as conclusões finais sejam de acordo com o que se pretende provar.

Na Figura 1.2 é possível observar uma esquematização do método acima descrito, com o intuito de esclarecer a compreensão do funcionamento do mesmo.

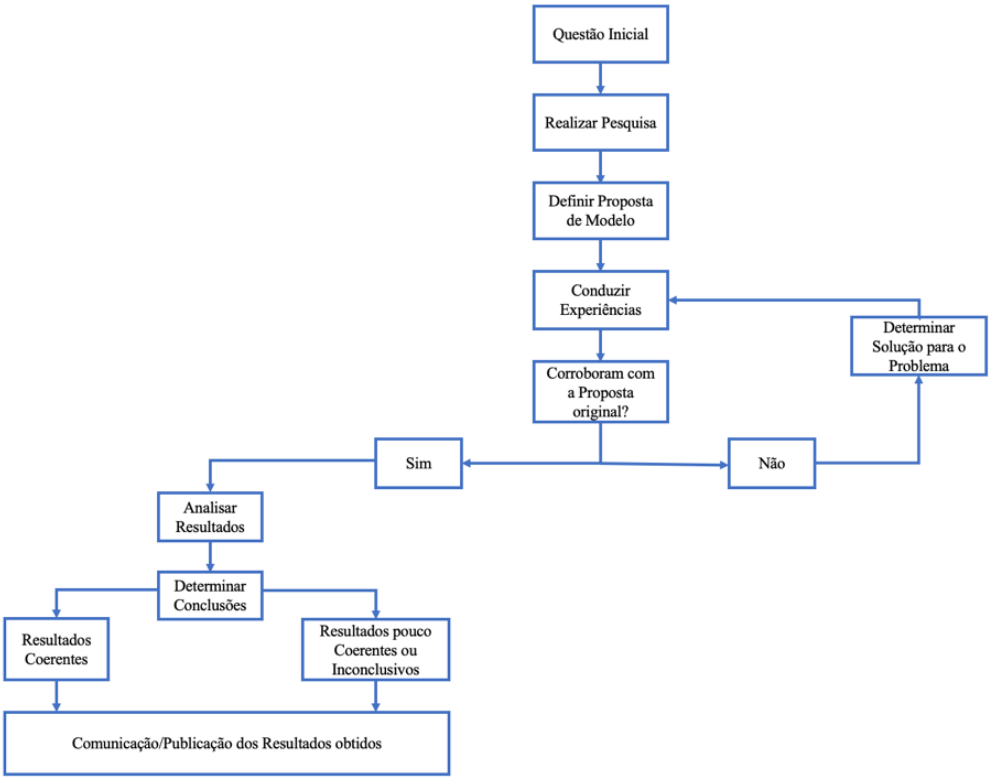


Fig. 1.2 – Fluxograma dos passos do Método Científico.

1.6. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO

Previamente ao início do desenvolvimento e elaboração do presente documento, foi necessário realizar uma reflexão sobre a temática a abordar e perceber se existem questões importantes que se possam responder no final da dissertação. Após reflexão e estudo do tema, o autor coloca quatro questões que pretende responder, após todo o processo de estudo e de investigação. As questões são:

- Qual o impacto das causas remotas das anomalias durante a fase de garantia?
- Há ou não procedimentos sistemáticos comuns que levam ao aparecimento de anomalias na construção em fase de garantia?
- Há ou não causas sistemáticas comuns a várias anomalias?
- É ou não possível evitar várias anomalias, eliminando uma única causa remota?

Na visão do autor, estas questões são o que fundamentam e sustentam a presente dissertação, pelo que no capítulo final se apresentam respostas às mesmas, cimentando o conhecimento do tema e facilitando a apresentação de medidas de prevenção para evitar o aparecimento de anomalias em fase de garantia.

Versão para discussão

1.7. ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está organizada em 6 capítulos, onde o Capítulo 1 engloba a introdução geral da problemática a desenvolver, o enquadramento geral, impactos económicos e culturais e, por fim, o âmbito e os objetivos da dissertação.

O Capítulo 2 incide sobre a revisão do conhecimento, onde é pesquisada informação teórica sobre o comportamento de edifícios sobre vários pontos de vista, tais como legislativo, económico, cultural, expedindo tais conceitos para um contexto global.

O Capítulo 3 apresenta o método científico a aplicar nos casos de estudo apresentados posteriormente no presente documento. É um método experimental, com base na observação da realidade, e é um método experimental dedutivo, isto é, deduzido com base na experiência e nos registos já existentes.

O Capítulo 4 é onde são apresentados os diversos casos de estudo que servem como base da presente dissertação, onde serão apresentadas as anomalias registadas e as reclamações apresentadas.

O Capítulo 5 mostra a aplicação e respetivos resultados do método científico selecionado e das estratégias de gestão a aplicar nos casos reais, tais como a identificação e reparação dos elementos, as operações de manutenção e custos associados. É também determinada qual a entidade que é responsável pela anomalia e pela respetiva reparação.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as conclusões retiradas da realização da presente dissertação nos diversos casos de estudo, assim como propostas de desenvolvimento futuro, onde se procura responder a todas as questões e desenvolvimentos que a investigação suscitou.

2
REVISÃO DO CONHECIMENTO

2.1. BIBLIOMETRIA

2.1.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados e resumidos, documentos e artigos científicos consultados pelo autor no decorrer da elaboração do presente documento, que foram escolhidos com base numa análise inicial do título e do potencial interesse que teria para a elaboração da dissertação. Certo está que durante todo o processo de investigação, procedeu-se à eliminação e/ou adição de documentos e artigos, cujo conteúdo não demonstrava benefício à elaboração do presente documento. Contudo, são apresentados em lista abaixo, com o intuito de, no futuro, outros investigadores possam pesquisar e utilizar tais documentos e usufruir da informação e conhecimento que é transmitido nos mesmos.

A lista que o autor apresenta está organizada por ordem cronológica, do mais antigo para o mais recente, onde é mencionado o título do documento, o autor, o ano de publicação e um breve resumo do seu conteúdo.

2.1.2. DOCUMENTOS CONSULTADOS

1. *Material Supplier: Reducing and defending against building failure claims*

Autor: Joseph H. Kasimer

Ano: 1988

Local de publicação: *The Construction Specifier*

Resumo: Apoio jurídico para situações litigiosas com produtores de materiais de construção, materiais estes que estão na origem de reclamações reportadas às construtoras.

2. *Fault tree handbook with aerospace applications*

Autores: Michael Stamatelatos, William Vesley, Joane Dugan, Joseph Fragola, Joseph Minarick II e Jan Railsback

Ano: 2002

Local de publicação: NASA

Resumo: Livro de introdução, instrução e utilização do método das Árvores de Falhas na área aeroespacial da NASA – *National Aeronautics and Space Administration* – dos Estados Unidos da América.

3. *Guarantee or Warranty – What pledges in respect of building products really mean*

Autor: Marcus Burkert

Ano: 2007

Local de publicação: *Betonwerk und Fertigteil-Technik/Concrete Plant and Precast Technology*

Resumo: Explicação da diferença no significado da expressão garantia, aplicada ao caso dos diversos tipos de betão produzidos pelos produtores, que tanto pode ser aplicado para assegurar a qualidade do material, mas também como salvaguarda e proteção em caso de defeito.

4. *Creating Value in Housing Projects: The Use of Post-Occupancy Analysis to Develop New Projects*

Autores: Thaís Alves, George Costa e José Barros Neto

Ano: 2009

Local de publicação: *Building a Sustainable Future – Proceedings of the 2009 Construction Research Congress*

Resumo: Introdução de estudos realizados na ótima da Avaliação Pós-Ocupação, com base no feedback e opiniões dos utilizadores e apresentação de métodos a utilizar no desenvolvimento de novos projetos.

5. Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios

Autor: Alice Tavares, Aníbal Costa e Humberto Varum

Ano: 2011

Local de publicação: INOVADOMUS – Associação Desenvolvimento Da Casa Do Futuro

Resumo: Demonstração e apresentação de uma listagem de medidas para a reabilitação e manutenção de edifícios e de incentivo à preservação do parque edificado já existente.

6. *Influence of Building Type on Post-Handover Defects in Housing*

Autor: Núria Forcada, Marcel Macarulla, Marta Gangolells, Miquel Casals, Alba Fuertes e Xavier Roca

Ano: 2012

Local de publicação: *Journal of Performance of Constructed Facilities*

Resumo: Estudo da influência da tipologia da construção, seja moradias ou apartamentos, na aparição de anomalias da construção na fase de garantia e *post-handover*.

7. *Assessment of residential defects at post-handover*

Autor: Núria Forcada, Marcel Macarulla e Peter E. D. Love

Ano: 2013

Local de publicação: *Journal of Construction Engineering and Management*

Resumo: Apresentação de casos reais de estudo, onde foram submetidas mais de 2000 reclamações em fase de garantia, e foi feita a análise dessas reclamações e identificação dos defeitos presentes na construção, assim como a apresentação de algumas medidas de prevenção a tomar durante a fase de construção, por parte do/dos Diretor/es de Obra.

8. *Post-handover housing defects: sources and origins*

Autor: Núria Forcada, Marcel Macarulla, Marta Gangolells, Miquel Casals, Alba Fuertes e Xavier Roca

Ano: 2013

Local de publicação: *Journal of Performance of Constructed Facilities*

Resumo: Apresentação de mais de 2000 reclamações processadas em edifícios em fase de garantia, na fase inicial de ocupação, onde relatam as causas e origens dos defeitos reportados e, ainda, a sugestão de medidas de prevenção a tomar para que tais defeitos não se registem em construções futuras.

9. *Analysis of Causes of Construction Defects Using Fault Trees and Risk Importance Measures*

Autor: Hamad Al Jassmi e Sangwon Han

Ano: 2013

Local de publicação: *Journal of Construction Engineering and Management*

Resumo: Apresentação de modelos de identificação e analise de defeitos e anomalias na construção, usando Árvores de Diagnóstico e classificando a importância/peso dos respetivos riscos.

10. *Impacts of defects on customer satisfaction in residential buildings*

Autor: Raphael Negri Milion, Thaís Alves e José Carlos Paliari

Ano: 2016

Local de publicação: *IGLC 24 – 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*

Resumo: Informação e elucidação do impacto que as anomalias da construção têm no cliente e na sua relação com a empresa construtora/empreiteiro.

11. *The importance of preventive maintenance for a good performance of a building*

Autor: Lais Alves, Elaine Garrido Velasquez, Marina Villanueva, Rosana Miranda e José Artur Mussi

Ano: 2016

Local de publicação: *REHABEND – Euro-American Congress on Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management*

Resumo: Impacto que a aplicação de uma estratégia de manutenção preventiva nos edifícios resulta num melhor desempenho do mesmo no seu tempo de vida útil.

12. *Post-Occupancy Evaluation of Housing Facilities: Overview and Summary of Methods*

Autor: Muizz O. Sanni-Anibire, Mohammad A.Hassanain e Abdul-Mohsen Al-Hammad

Ano: 2016

Local de publicação: *Journal of Performance of Constructed Facilities*

Resumo: Estudo sobre a falta de utilização da metodologia POE na construção atual e o benefício que esta apresenta para o estudo e avaliação das construções.

13. *Multicriteria Model to Support Maintenance Planning in Residential Complexes under Warranty*

Autor: Cristiano Cavalcante, Marcelo Hazin Alencar e Rodrigo Sampaio Lopes

Ano: 2017

Local de publicação: *Journal of Construction Engineering and Management*

Resumo: Exposição de estratégias de manutenção que favoreçam a relação com o cliente, com vista na redução de custos associados à reparação de anomalias registadas em fase de garantia, assim como a satisfação do cliente para o futuro.

14. *Basic Study on Term of Warranty Liability for Water Supply, Drainage and Sanitation Arrangement Work Defect in Apartment Buildings*

Autor: Junmo Park e Deokseok Seo

Ano: 2017

Local de publicação: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*

Resumo: Análise casos de estudo onde a base do documento está nas anomalias verificadas na construção, devido a abastecimento de água, saneamento e derivados e apresentação das devidas conclusões e medidas preventivas.

15. *Basic Study on Term of Warranty Liability for Miscellaneous Work*

Autor: Junmo Park e Deokseok Seo

Ano: 2017

Local de publicação: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*

Resumo: Exemplos de análise de casos jurídicos processados sobre defeitos causados pela execução heterogénea de trabalhos em diferentes aspetos da construção.

16. A Importância do Registo de Reclamações, das Ações de Manutenção e Reabilitação Corrente e dos seus Custos na Gestão de Condomínios de Edifícios Correntes de Habitação Coletiva

Autor: Vitorino Neves, José Silva e Anabela Paiva

Ano: 2018

Local de publicação: *REHABEND – Euro-American Congress on Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management*

Resumo: Reportagem da análise de casos de estudo reais onde foram processadas reclamações em edifícios de habitação coletiva e a respetiva determinação de causas, consequências e os custos e ações de reparo.

17. Post-occupancy evaluation: State-of-the-art analysis and state-of-the-practice review

Autor: Peixian Li, Thomas M. Froese e Gail Schiller Brager

Ano: 2018

Local de publicação: *Journal Building and Environment*

Resumo: Introdução ao conceito POE – *Post-ocuppancy Evaluation* – e apresentação de casos reais de aplicação do conceito e elucidação e informação sobre conceitos específicos a abordar.

18. *Apartment quality during warranty period of building*

Autor: Eliza Gumerova, Marina Petrochenko e Vadim Kankhva

Ano: 2019

Local de publicação: *E3S Web of Conferences*

Resumo: Análise de metodologias de aplicação para otimização de custos de manutenção estrutural, com objetivo de aumentar a qualidade da construção.

19. *Use of complaint records of maintenance departments for continuous improvement*

Autor: Jordana Bazzan, Carlos T. Formoso e Márcia Elisa Soares Echevest

Ano: 2020

Local de publicação: *IGLC 28 – 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*

Resumo: Apresentação de casos de estudo onde se analisam as diferentes anomalias reportadas nas reclamações e o estudo da Árvore de Diagnóstico do processo.

20. *Analysis of defects in residential buildings reported during the warranty period*

Autor: Edyta Plebankiewicz e Jaroslaw Malara

Ano: 2020

Local de publicação: *Applied Sciences Journal*

Resumo: Apresentação de resultados de pesquisa em casos de estudo reais, onde são analisados os defeitos na construção, reportados em edifícios em fase de garantia.

21. Estatísticas da Construção e Habitação – 2020

Autor: Instituto Nacional de Estatística

Ano: 2020

Local de publicação: Instituto Nacional de Estatística

Resumo: Exposição de dados estatísticos e indicadores relativos à construção e habitação em Portugal, registados no ano de 2020.

É de salientar que nem todos os documentos foram utilizados na elaboração do presente documento, conforme mencionado supra, pois alguns documentos revelaram não ter interesse necessário, apesar do seu título sugestivo, ou então devido à escassez de tempo para a realização da dissertação. No entanto, é possível destacar alguns documentos que revelaram elevada pertinência na aquisição de conhecimento sobre a temática da fase de garantia dos edifícios.

Destacam-se os documentos 2, 5, 7 10, 16 e 20, pela abordagem ao tema que se propuseram, pelo conhecimento transmitido e pelas evidencias cientificas que apresentam, suportando as afirmações e conclusões que defendem.

2.1.3. ANÁLISE DOS DOCUMENTOS CONSULTADOS

Neste subcapítulo o autor procede com uma análise dos documentos utilizados na consulta de informação para a execução do presente documento, organizando tal estatística por vários fatores, como por exemplo, por ordem temporal. Isto é, em que anos é que houve maior pesquisa e investigação sobre avaliação do desempenho dos edifícios em fase de garantia. A Figura 2.1 mostra essa distribuição temporal dos documentos.

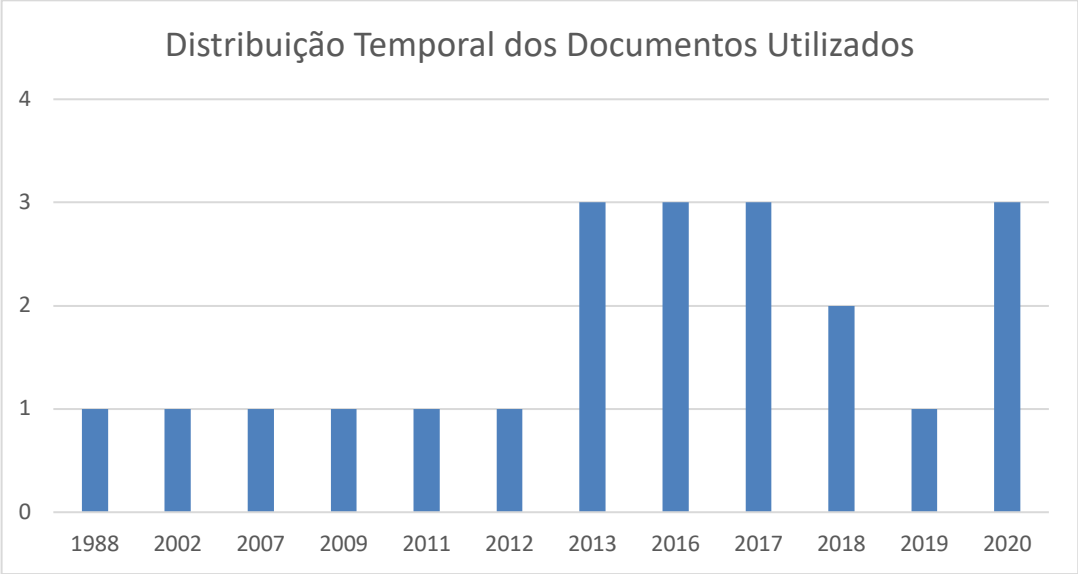


Fig. 2.1 – Distribuição temporal dos documentos utilizados

Analisando a Figura 2.1 e os documentos recolhidos sobre a temática em estudo, é possível verificar que a investigação sobre o desempenho de edifícios em fase de garantia e sobre a APC é relativamente recente, sendo que a maioria dos artigos desenvolvidos foram realizados nas últimas duas décadas. Existe, todavia, alguma informação referente ao passado século mas o seu interesse é reduzido e a tecnologia outrora aplicada já se encontra desatualizada.

Outra análise que o autor realiza à Bibliometria utlizada incide sobre as fontes e locais de publicação dos documentos consultados e utilizados para o desenvolvimento da presente dissertação. Tal análise pode ser observada na Figura 2.2.

Em suma, a Bibliometria do presente documento tem como maioria do seu conteúdo, material cientifico apresentado em conferências e congressos, o que representa 40% da amostra total. Seguido dos artigos provenientes de conferências e congressos, estão artigos do jornal científico *Journal of Construction Engineering and Management*, jornal este que pertence à conceituada *American Society of Civil Engineers*.

Versão para discussão

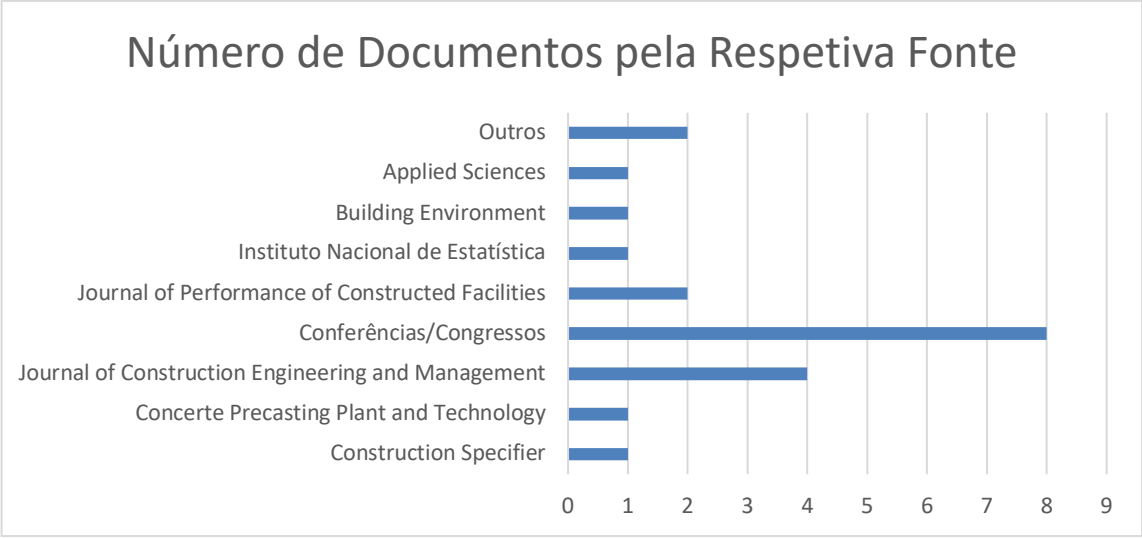


Fig. 2.2 – Número de documentos pela respetiva fonte.

Por fim, é apresentada um estudo sobre os principais conceitos que são representados nos documentos consultados pelo autor, com vista à compreensão dos conceitos chave presentes nas investigações consultadas. Tal estudo pode ser observado na Figura 2.3. Como conclusão, os quatro principais conceitos presentes na bibliometria do presente documento estão todos interligados. Constituindo sessenta porcento da amostra, os conceitos de POE, *Post-handover*, Satisfação do Cliente/Reclamações e Manutenção Preventiva são predominantes no aglomerado de informação presenteada pelo autor.

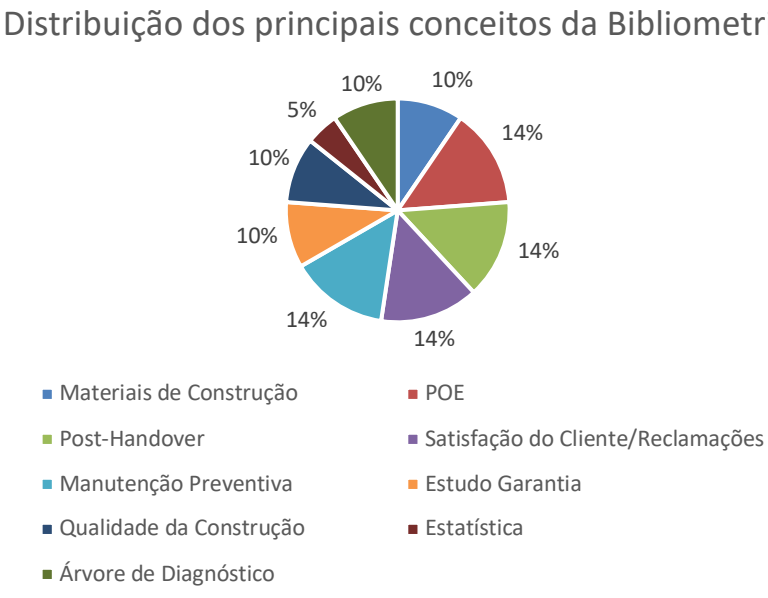


Fig. 2.3 – Distribuição dos principais conceitos da Bibliometria

Versão para discussão

Conforme mencionado anteriormente, da bibliometria aglomerada para consulta de conteúdo cientifico, destacam-se quatro principais conceitos e é de interesse a análise da presença desses mesmos conceitos no universo de material cientifico publicado. Assim, baseando apenas num único motor de busca de conteúdo científico, Scopus, foram analisados vários aspetos da pesquisa, sendo eles a quantidade de documentos existentes, quais os principais países de origem, a distribuição do conceito por área científica e quais os principais locais de publicação.

Começando pelo conceito POE – *Post Occupancy Evaluation*, existem 1,432 documentos para consulta, onde a grande maioria dos mesmos foram publicados principalmente no inicio do novo século. Os Estados Unidos da América e o Reino Unido são os principais países de origem dos documentos, com 321 e 278 documentos publicados, respetivamente e a área da Engenharia representa 34,4% da amostra presente na pesquisa, seguida das Ciências Sociais e da Ciência Ambiental, com 15,0% e 11,0%, respetivamente. Por fim, os principais locais de publicação do material cientifico em causa são jornais e revistas científicas, destacando-se a revista *Building and Environment*, a revista *Facilities*, o jornal *Health Environments Research and Design Journal*.

De seguida, foi pesquisado o conceito *Post-handover*, apresenta 124 resultados da pesquisa, o que demonstra que existe pouca investigação científica relacionada com este conceito. Destes documentos, a esmagadora maioria tem origem em Hong Kong, representando 50% da amostra. Os Estados Unidos da América e a Austrália encontram-se na segunda posição, com 9 documentos publicados cada um. Curiosamente, 46,3% destes documentos estão relacionados com as Ciências Sociais, enquanto que a Engenharia ocupa 10,1% da amostra. Dado o facto de que metade dos documentos relacionados provêm da região asiática, é compreensível que os principais locais de publicação sejam da mesma região, como por exemplo *Asian Education And Development Studies*, *Asian Journal of Communication*, entre outros.

O conceito de Manutenção Preventiva representa valores interessantes e em constante crescimento, onde do total de 856 documentos presentes na plataforma digita, 242 são dos últimos quatro anos, representando um terço da amostra que engloba um intervalo de tempo de sessenta e três anos. Os Estados Unidos da América são responsáveis pela execução da maioria do material cientifico em estudo, seguidos por Itália e Espanha. A Engenharia é a área com mais impacto na amostra obtida, onde 37,6% dos resultados estão relacionados com esta categoria. Finalmente, a conferência *Proceedings Of SPIE The International Society for Optical Engineering* é o principal local de publicação do material cientifico em estudo, seguida de algumas revistas como *Journal of Performance Of Construction Facilities* e de outras conferências como a *E3S Web Of Conferences*.

Por último, o conceito de Satisfação do Cliente/Reclamações traduz uma amostra de 497 resultados, onde a sua vasta maioria foi publicado no presente século. Novamente, o líder de origem dos documentos são os Estados Unidos da América, seguidos do Reino Unido e da Austrália. A área da Engenharia representa 25,7% da amostra, seguido da área de *Business, Management and Accounting* com 12,7%. O principal local de publicação de material cientifico relacionado com a Satisfação do Cliente/Reclamações é a revista *Construction Management And Economics*, seguida das revistas *Building Research And Information* e *Facilities*.

Assim, é possível concluir que a amostra recolhida para fundamentar a presente dissertação é significativamente reduzida em comparação com o panorama geral de pesquisa mas, no entanto, aborda temas que não representam elevada investigação e pesquisa científica, pelo que se pretende que possa contribuir para um incremento do conhecimento da temática e dos conceitos relacionados.

2.2. INTRODUÇÃO À REVISÃO DA LITERATURA

Terminada a introdução da bibliometria utilizada pelo autor e a análise estatística dos documentos e das suas noções principais, inicia-se a apresentação e exposição de conceitos, que são a base de todo o presente documento.

Versão para discussão

Esta apresentação tem como objetivo o incremento do conhecimento do leitor, relativamente à temática abordada, onde as noções prévias à leitura do presente documento poderão não ser tão claras e, desta forma, existe uma ligação e acompanhamento entre o autor e o leitor, para que toda a informação disponibilizada seja bem compreendida e processada.

A Indústria da Construção é das indústrias mais exigentes ao nível da exigência e obrigatoriedade de obter um excelente desempenho dos projetos que produz. É dos melhores exemplos a aplicar quando se fala de adaptabilidade, uma vez que não existem dois projetos iguais.

Todo o universo de intervenientes no processo construtivo – Diretores de Obra, Donos de Obra, Projetistas, Operários, entre muitos outros – se adaptam ao projeto que desenvolvem e do seu profissionalismo é esperado que se assegure a qualidade de execução que permita assegurar a longevidade e ciclo de vida prolongado que todas as intervenções da construção devem apresentar.

Dito isto, é necessário também conhecer o universo da construção que existe, para lá da execução dos trabalhos. O mundo da Pós-Venda e da Assistência em Garantia é onde todo o apoio é prestado quando se apresentam anomalias/patologias resultados de diversas origens. A presença destas anomalias são a origem das reclamações por parte dos clientes e o foco do presente documento.

2.3. CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Para (Tavares, Costa, & Varum, 2011), Manutenção é definida como "*trabalho de rotina necessário para manter o edifício num estado próximo do original incluindo todos os seus componentes, (...). Deve igualmente ter uma ação preventiva em relação a potenciais danos, (...). É ainda a combinação de ações técnicas e respetivos procedimentos administrativos que durante a vida útil dum edifício se destinam a assegurar que este desempenhe as funções para que foi dimensionado".*

Segundo a Carta de Cracóvia, documento desenvolvido com o intuito de diferenciar a Europa por conservar a sua essência, através do fomento e incentivo à reabilitação dos edifícios já existentes, reduzindo a procura de construção nova. Citando do documento, "*A manutenção e a reparação constituem uma parte fundamental do processo de conservação do património. Estas ações exigem diversos procedimentos, nomeadamente investigações prévias, testes, inspeções, controlos, acompanhamento dos trabalhos e do seu comportamento pós-realização."* (Cracóvia, 2000).

Posto isto, é possível concluir que a manutenção é uma importante estratégia a adotar na preservação do parque edificado, não só nas construções reabilitadas mas também na construção nova. A aplicação de corretos planos de manutenção preventiva é chave para que se evite crescentes custos de reparação e também a aparição e manifestação de anomalias e patologias da construção.

A Manutenção trabalha sobre o propósito de assegurar que o edifício tem um correto desempenho e funcionamento, de forma que a sua vida útil seja o mais extensível possível. De todos os procedimentos de Manutenção, o que interessa no presente trabalho é a "Inspeção" como ferramenta para identificação de anomalias prematuras.

Em conclusão, o conceito de Manutenção, em prol do desenvolvimento do presente documento, é fulcral para que a necessidade de intervenções em fase de garantia seja reduzida, desde que as indicações e sugestões de preservação da construção sejam cumpridas.

2.4. CONCEITO DE QUALIDADE

A noção de Qualidade é um conceito universal e que é aplicado em todo o tipo de produção, desempenho e execução. Tem sofrido uma constante evolução, com o passar do tempo e com o aumento da exigência dos consumidores, o que obriga a uma melhoria continua em otimizar não só a qualidade dos materiais, mas também a qualidade de execução. Um aspeto importante onde é refletida a qualidade na indústria da construção é na Vida Útil das construções.

Segundo consta na Norma ISO 15686-1, a vida útil de um edifício "é o período de tempo após a conclusão da obra durante o qual são atingidas ou excedidas de desempenho que lhes são exigidos" (15686-1, 2000). A vida útil é um conceito que pode ser considerado relativo, pois depende dos níveis mínimos de desempenho que são definidos para a construção em causa e do enquadramento da sua avaliação, seja social, económico, político, ambiental, entre outros. (Gaspar & Brito, 2003)

Como foi mencionado antes, a qualidade é um aspeto da execução e produção que cada vez mais requer maior controlo e rigor, seja em que indústria for. No caso da Indústria da Construção, o rigor da qualidade não recai apenas na competência dos materiais ou dos profissionais, mas também na execução dos trabalhos. É importante que o controlo da qualidade em obra seja elevado, de forma a evitar que anomalias da construção sejam verificadas após a fase de Entrega Provisória.

2.4.1. Failure Mode and Effect Analysis

Citando (Alves & Costa, 2004), "*A Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) (Ánalise de Modos de Falha e Efeitos) é uma metodologia elaborada para identificar possíveis modos de falha de produtos ou processos antes de ocorrerem os problemas, avaliar os riscos associados a esses modos de falha e identificar e aplicar medidas que minimizem as consequências dos modos de Falha"*. O método FMEA é um método desenvolvido inicialmente pelo exército norte-americano, no final da década de 1940, e mais tarde foi adotada por outras agências estadunidenses, como a NASA e a Força Área.

Mais tarde, cerca de 1970, a Indústria Automóvel começou também a aplicar o método FMEA na construção dos veículos, nomeadamente a empresa *Ford Motor Company*, cuja produção apresentava problemas nos automóveis quando eram testados, então começaram a tornar o método FMEA uma ferramenta essencial para a produção dos seus automóveis e a evitar a recorrência de problemas.

O método FMEA é aplicado seguindo os passos abaixo mencionados, segundo (Alves & Costa, 2004):

1. **Objeto:** Identificar o objeto em estudo.
2. **Função:** Identificar as funções que o objeto em causa tem de desempenhar.
3. **Falhas:** Identificar potenciais falhas que podem diminuir a capacidade do objeto de desempenhar as suas funções corretamente.
4. **Efeitos das Falhas:** Identificar os potenciais efeitos que poderão decorrer de cada falha.
5. **Causas da Falha:** Identificar as causas de cada falha.
6. **Mecanismos de Controlo:** Examinar os mecanismos de controlo a pôr em prática para eliminar ou mitigar a probabilidade de ocorrência de eventuais falhas.
7. **Ações Recomendadas:** Identificar ações corretivas necessárias para eliminar ou mitigar o risco associado a cada modo de falha.
8. **Estabelecer Prioridades:** Estabelecer prioridades para as ações corretivas de acordo com um conjunto de critérios consistentes. O método mais frequente utilizado é o *Risk Priority Number* (RPN) (Número de Prioridade de Risco).

Este método serviu como inspiração para o desenvolvimento do método científico proposto mas, no entanto, o método FMEA não foi o utilizado.

2.4.2. Árvores de Falhas

As Árvores de Falhas ou *Fault Tree Analysis* – FTA – são métodos de diagnóstico para a identificação e análise de condições e fatores que causam ou potenciam a ocorrência de eventos ou anomalias, eventos estes que podem ser de origem humana, como erros de execução, de projeto, material danificado, entre outros, como podem também ter origem em fenómenos naturais, cujo controlo está fora do alcance humano. (International Electrotechnical Commission, 2006)

A FTA é um método gráfico e visual, organizado verticalmente, onde é mapeado todo o caminho que leva à aparição da anomalia, desde a identificação da mesma até ao seu possível diagnóstico, elucidando

todos os intervenientes e causas que estarão adjacentes à causa da patologia. Pode também ser utilizada como método de avaliação do funcionamento de diversos componentes, demonstrando a versatilidade desta ferramenta. (Infraspeak, 2020)

A Árvore de Falhas tem como princípio o diagnóstico da causa de uma falha, a compreensão de onde é que o sistema pode falhar, determinar quais os riscos associados ao mesmo sistema, a identificação das medidas de redução do risco e o estudo da frequência de ocorrência de acidentes relacionados com a falha original.

Este método tem várias vantagens que influenciam a sua utilização, tais como o aumento da conformidade com as normas de segurança, mapeamento da relação falha/subsistema, é um método visual que permite uma análise mais pormenorizada, avaliação probabilística do risco, entre outros. (Infraspeak, 2020).

Este método de diagnóstico apresentará maior foco no presente documento, uma vez que é através da FTA que o autor procede à análise dos casos reais de estudo, de forma a comprovar a sua eficácia e auxiliar à prevenção em situações semelhantes que possam acontecer no futuro. No capítulo seguinte, o autor apresenta o método com mais detalhe, introduzindo todos os seus componentes e os seus modos de aplicação e utilização.

2.5. REGISTO DE RECLAMAÇÕES

Todo o propósito das intervenções por parte das entidades responsáveis em edifícios em fase de garantia, advêm de reclamações processadas pelos utilizadores e/ou Dono de Obra. Conforme apresentado no Subcapítulo 1.2., existem obrigações legais que o empreiteiro necessita de cumprir, durante a fase que se determina de Entrega Provisória até se proceder a Entrega Definitiva da construção, correspondente ao disposto nos Artigos 395º e 398º do Decreto-Lei 18/2008 (18/2008, 2008).

A partir desse dia, o empreiteiro já não tem nenhuma obrigatoriedade legal ou contratual com os utilizadores e/ou Dono de Obra para o reparo de alguma manifestação de anomalias.

No entanto, (Neves, Silva, & Paiva, 2018) apresentaram 100 casos de estudo reais onde foram processados várias reclamações reportadas por parte dos utilizadores em edifícios com menos de 40 anos de vida e registaram quais as principais patologias registadas, os principais componentes construtivos que foram afetados, os respetivos custos de reparação e a análise de comparação entre a diferença de custos de reparação e de manutenção.

Assim, (Neves et al., 2018) introduzem novo conhecimento sobre um aspeto que nem sempre é considerado, onde a manutenção eficaz e sistemática tem benefícios económicos e contribui para o prolongamento da vida útil das construções, ao invés de apenas reparar quando alguma patologia é verificada.

O estudo mostra que, no universo da amostra estudada, os condomínios onde nos custos de manutenção foram superiores a 500,00€, em 55% dos casos gastou-se menos de 2.000,00€ em obras de reabilitação e em 18% dos casos, estes valores foram superiores a 10.000,00€ (Neves et al., 2018). A Figura 2.4. apresenta a relação entre os custos de manutenção e os custos de reabilitação da amostra.

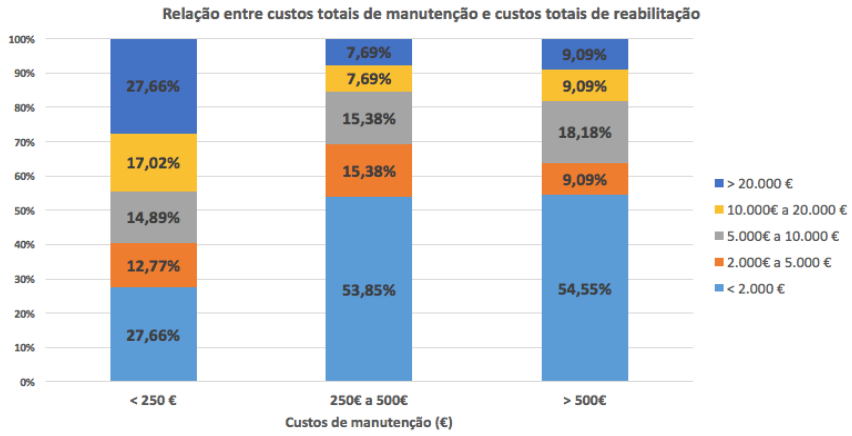


Fig. 2.4 – Relação entre os custos de manutenção e os custos de reabilitação. (Neves et al., 2018)

É possível verificar a relação entre o número de patologias observadas e a idade dos edifícios. Salienta-se que, em média, os edifícios cuja idade está compreendida entre os 5-10, 15-20 e 20-25 anos apresentam cerca de 2 patologias e, nos intervalos 10-15, 25-30 e >30 anos, verificam-se aproximadamente 4 patologias. (Neves et al., 2018)

Sendo que se pode esperar que, em edifícios com mais idade, a presença de anomalias seja mais intensa que em edifícios mais recentes, a Figura 2.5 apresenta a correlação entre o número de anomalias que são reportadas e as idades dos edifícios do universo analisado.

Apesar de a informação dispensada e do elevado interesse que o estudo transmite, a presente dissertação debruça-se mais sobre as intervenções em fase de garantia, isto é, nos anos iniciais do período de vida útil do edifício. Assim, era bastante pertinente se também tivesse incluído na Figura 2.5 o intervalo de tempo [0-5] anos.

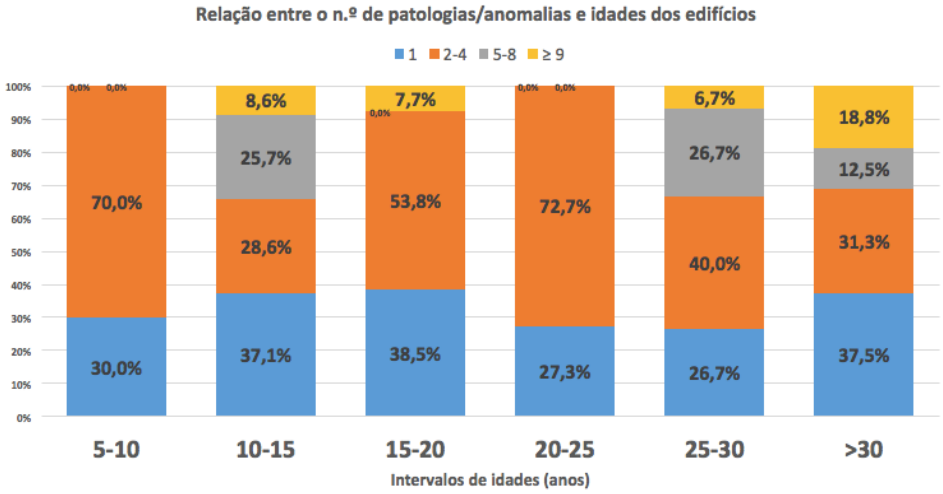


Fig. 2.5 – Relação entre número de patologias e a idade do edifício. (Neves et al., 2018)

2.6. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO

Em 1980, (Zimring & Reizenstein, 1980) definiram a Avaliação Pós-Ocupação, ou *Post-Occupancy Evaluation* – POE, como "*the examination of the effectiveness for human users of occupied design environments*", isto é, um exame à eficácia do ambiente construído ocupado por utilizadores humanos.

(Zimmerman & Martin, 2001) indica que, contrariamente a outros métodos de avaliação de edifícios, o foco no ponto de vista estético por parte dos arquitetos ou o desempenho dos materiais de construção ou de métodos construtivos, a APO/POE é um modelo que se foca na avaliação e registo da satisfação, das necessidades e do conforto dos utilizadores.

O primeiro registo da APO/POE reporta para a década de 1960, no Reino Unido e rapidamente se espalhou para outros países anglo-saxónicos, como a Austrália, Estados Unidos da América, Nova Zelândia, entre outros. Este modelo surgiu do elevado interesse de várias entidades e especialistas de diversas áreas, como a Engenharia Civil, Arquitetura, em saciar as necessidades dos utilizadores.

Inicialmente foi desenvolvido para ser aplicado pelo entidades governamentais e privadas mas, nas últimas décadas já é possível observar a aplicação deste método em várias áreas, como a Saúde, Comércio, entre outros. Mais tarde, já na década de 1980, já eram reportados grandes avanços no estudo do modelo de avaliação, a nível teórico, metodológico, estratégico e prático. (Bhawani, 2011)

É de igual interesse mencionar que o método APO/POE, assim como o método FMEA, foi um método fundamental na aquisição de conhecimento e inspiração para a execução do método científico proposto no capítulo 3.

Ao aplicar o método da Avaliação Pós-Ocupação, é necessário passar por três passos de aplicação, sendo o primeiro passo um nível meramente indicativo, onde se reúne informação, procede-se a entrevistas com pessoas de interesse e inspeções do edifício.

O segundo passo já abrange a investigação mais pormenorizada do problema, através de entrevistas e inquéritos, registo visual de situações de interessa (fotografia ou vídeo).

Por fim, o terceiro passo é o diagnóstico onde são definidos os planos de recuperação e as ações corretivas a executar, assim como a determinação de protocolos de prevenção. (Preiser, 1995). A Figura 2.6 demonstra um exemplo dos passos de aplicação.

		Fase 1	**Fase 2**	**Fase 3**
Níveis de Esforço	**Nível 1: Indicativo**	Planeamento →	Processo →	Aplicação
	Nível 2: Investigação	Planeamento →	Processo →	Aplicação
	Nível 3: Diagnóstico	Planeamento →	Processo →	Aplicação
Passos		1.1 - Reconhecimento e Viabilidade. 1.2 - Planeamento de Recursos. 1.3 - Planeamento de pesquisa.	2.1 - Iniciação do processo de recolha de dados. 2.2 – Monitorização e gestão do processo de recolha de dados. 2.3 – Análise de dados.	3.1 – Apresentação das conclusões. 3.2 – Recomendação das ações. 3.3 – Revisão dos resultados.

Fig. 2.6 – Níveis de aplicação da APO/POE. (Adaptado de (Preiser, 1995))

Versão para discussão

Cada nível da APO/POE tem os seus objetivos, as suas técnicas, o tempo necessário à sua ação e breves comentários que sejam pertinentes, conforme é possível verificar na Figura 2.7.

Nível da APO/POE	**Objetivos**	**Métodos de Aplicação**	**Duração temporal**	**Comentários**
Indicativo	Avaliação por pessoal experiente para destacar problemas da APO/OPE.	Entrevistas estruturadas; Reuniões com os utilizadores; Inspeção geral ao edifício; Consulta de documentação.	Pequeno período de inspeção.	Rápido, simples, pouco intrusivo para os utilizadores, visão geral dos edifícios.
Investigação	Estudo aprofundado da performance da construção e solução para os problemas.	Questionário aos utilizadores; Entrevistas; Comparação dos resultados com os de edifícios semelhantes; Procura de soluções apropriadas.	Desde uma semana até vários meses.	Resultados úteis devido à análise profunda; APO/POE pode ser um pouco intrusiva para os utilizadores e, dependendo do número de pessoal envolvido; pode consumir muito tempo.
Diagnóstico	Encontrar qualquer deficiência para posterior retificação; Recolha de dados para elaboração de projetos similares no futuro.	Técnicas sofisticadas de recolha e análise de dados; Questionários; Entrevistas; Inspeções; Medidas físicas.	Entre vários meses a alguns anos.	Maior valor da informação adquirida; Mais tempo consumido.

Fig. 2.7. – Objetivos, métodos, tempo necessário e comentários para cada nível da APO/POE. (Adaptado de (Turpin-Brooks & Viccars, 2006))

Versão para discussão

3
METODOLOGIA A APLICAR NA AVALIAÇÃO PÓS-CONSTRUÇÃO

3.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo que se inicia, o autor procede a uma análise mais detalhada do método FTA – *Fault Tree Analysis* – ou Árvore de Falhas, introduzindo os seus objetivos, vantagens e desvantagens, como aplicar e exemplos de como construir uma Árvore de Falhas, de forma que se verifique o seu êxito.

Conforme mencionado supra, no subcapítulo 2.4.2., utiliza-se este método como base do seu modelo para estudo e análise do desempenho dos edifícios em fase de garantia e para a resolução das reclamações processadas por parte dos utilizadores.

Desta forma, foi iniciado o processo de conceção de uma Árvore de Falhas, onde se contemplam todas as possíveis causas das patologias da construção, cujo leque de origens pode variar entre a qualidade do material de construção até à má utilização por parte do beneficiário da construção.

3.2. MÉTODO DE ÁRVORE DE FALHAS

3.2.1. APRESENTAÇÃO

A Árvore de Falhas é um método visual, organizado na vertical, cujo propósito é o diagnóstico de falhas pela análise de cadeias de eventos e acontecimentos que conduzem até a origem da patologia. Tem como início a falha (evento de topo) e as possíveis causas da mesma. Este método baseia-se na teoria da casualidade múltipla de acidentes, pelo que na lógica de construção da árvore é necessário considerar várias alternativas de encadeamento das causas até à ocorrência do evento de topo. (Mendonça, 2013)

A utilização da FTA traz benefícios aos seus utilizadores por diversas razões, como por exemplo, a localização de erros e respetiva adjudicação de tarefas para a sua resolução; serve como modelo para futuras execuções de tarefas semelhantes, onde é possível evitar a ocorrência dos erros observados no passado; a utilização do diagrama é de fácil compreensão, o que permite melhores análises da execução das operações e o facto de ser um registo visual possibilita o acesso ao mesmo em datas posteriores. (Guthrie, 2019)

Segundo (Sakurada, 2001), as finalidades de uma FTA são:

- Estabelecer um método padronizado de análise de falhas ou problemas, para verificar como ocorre num produto ou processo.
- Analisar a confiabilidade do produto ou processo.
- Compreender os modos de falha de um sistema.
- Priorizar as ações de correção a tomar.
- Compilar informações para manutenção de sistemas e elaboração de procedimentos de manutenção.

- Compilar informações para formação no manuseamento de equipamentos.
- Compilar informações para planeamento de testes e inspeções.
- Identificar componentes mais críticos ou condições críticas de operação.

Muitas lacunas em sistemas operacionais podem ser detetadas através de uma Árvore de Falhas, pois ao elaborar este método, é necessário um elevado e completo conhecimento do processo operativo, do funcionamento de todos os componentes e intervenientes do sistema e, conhecendo estes aspetos, é mais suscetível a identificação de falhas de componentes incorporados nos sistemas e de anomalias que deles possam surgir. (Silva, 2013)

3.2.2. Elaboração de uma FTA

A elaboração de uma FTA é relativamente simples, onde o ponto de partida é a própria falha, denominada por *Top-Event* (Evento de Topo). Os símbolos representam cada evento que pode estar na origem da anomalia, conectados entre si por *Events* ou *Gates*. Cada símbolo representa um evento que pode ter potenciado a falha original, incluindo eventos externos ou condicionantes, ligados entre si por elementos que se denominam por Portas Lógicas ("e", "ou") que estabelecem a ponte entre cada evento. (Infraspeak, 2020).

A plataforma online de manutenção Infraspeak explica que o diagrama FTA é quase sempre integrado com conceitos de probabilidade e estatística, tornando a Árvore de Falhas num método quantitativo. Assim, é possível concluir que a FTA é um dos métodos mais comuns para a avaliação probabilística de risco e é uma abordagem sistemática que possibilita estimar potenciais riscos de um sistema, a probabilidade de ocorrência de anomalias e a magnitude do seu impacto. (Infraspeak, 2020)

A produção de uma Árvore de Falhas, na opinião de (Guthrie, 2019), requer 4 passos que estão explícitos abaixo.

1. **Definir o que constitui a falha:** O primeiro passo indica que todas as Árvores de diagnóstico começam com a identificação de uma anomalia e, a partir daí, é que é possível elaborar o diagrama.
2. **Adicionar possíveis causas para o manifestação da anomalia:** É neste passo que se apresentam as possíveis causas e agentes que estarão na origem da anomalia.
3. **Identificação detalhada das causas:** Apresentar, com rigor e detalhe, as possíveis razões e eventos que levem à manifestação da patologia, a sua origem, os possíveis intervenientes, caminhos e padrões que possam ter levado ao surgimento da anomalia.
4. **Definir o plano de ação:** Após a elaboração do diagrama, é possível investigar qual o caminho mais provável para a obtenção da verdade, descobrindo onde está a origem das anomalias e criar um plano de intervenção para o reparo da mesma e/ou plano de manutenção para a prevenção de aparecimento no futuro.

Na Figura 3.1 é possível observar um exemplo de uma FTA, onde se identifica a falha e os possíveis caminhos dedutíveis para a determinação da sua causa. Sendo este um método lógico e dedutivo, é composto por elementos (Portas Lógicas e Eventos) que funcionam como passagem ou interrupção do caminho congruente até à falha original.

Versão para discussão

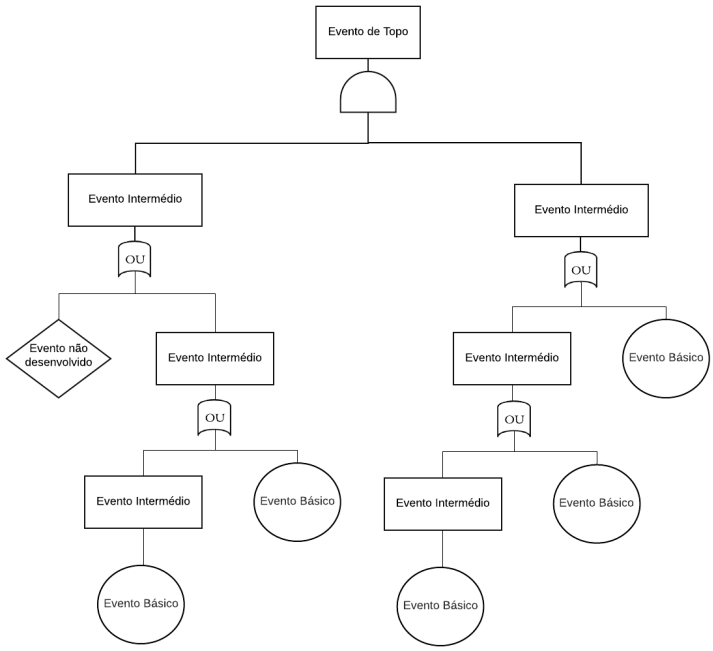


Fig. 3.1 – Exemplo de uma Árvore de Falhas. (Adaptado de (Mendonça, 2013))

3.2.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA FTA

Todos os métodos desenvolvidos, seja qual for o seu propósito e vocação, têm as suas vantagens e desvantagens. No caso da FTA, é possível enunciar algumas das vantagens da utilização deste modelo (Infraspeak, 2020):

- Aumentar a conformidade com normas de segurança.
- Mapear a relação entre falhas e subsistemas.
- Estabelecer prioridades para sistemas no seu conjunto.
- Implementar mudanças ao projeto ainda na fase conceptual para diminuir o risco.
- Fazer uma avaliação probabilística de risco.

Como qualquer método de diagnóstico, a Árvore de Falhas não é 100% infalível e também tem as suas limitações. Aqui são apresentadas 3 das desvantagens da FTA (Infraspeak, 2020):

- É um modelo estático, não considera o tempo/vida útil dos ativos, o que pode influenciar o seu diagnóstico, principalmente quando o caso ainda se encontra em fase de projeto.
- É um método muito rígido, no sentido em que apenas existem 2 hipóteses de escolha, ou a hipótese é validade ou rejeitada. Assim, torna-se mais condicionante a algumas variáveis que possam beneficiar de outro tipo de abordagem.
- A FTA não se categoriza como um método 100% quantitativo, pois nem sempre é possível determinar a probabilidade de ocorrência de determinadas falhas.

Geralmente, a FTA é utilizada em conjunto com o método FMEA, onde os dois métodos se complementam para a realização de análises e diagnósticos mais completos dos eventos. No entanto, o enfase do presente documento encontrar-se-á mais na utilização de Árvores de Falhas como método de obtenção da verdade científica do que o método FMEA, por escolha do autor e pelo escasso tempo para o estudo dos casos reais a avaliar.

3.2.4. Elementos Constituintes Da Árvore de Falhas

Conforme mencionado no subcapítulo 3.2.2. são indicados os elementos utilizados na construção de uma *Standard Fault Tree* – SFT. O modelo é composto por 2 elementos: Eventos e Portas Lógicas.

Os Eventos podem ser distinguidos entre Eventos Básicos, Eventos Não Desenvolvidos, Eventos Condicionantes, Eventos Intermédios, Eventos de Topo e Eventos Normais.

(Kabir, 2017) define Evento Básico como uma falha básica que não requer qualquer desenvolvimento ou expansão no diagrama e é graficamente representado por um círculo.

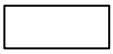
Um Evento Intermédio é uma falha causada pela combinação lógicas causada por outros eventos mais abaixo na Árvore de Falhas. Sendo este tipo de eventos uma consequência de outros eventos, quase podem ser considerados como um tipo de Portas Lógicas e são graficamente representados por um retângulo.

Eventos Não Desenvolvidos são eventos cujas contribuições não são consideradas para a análise, por serem considerados desnecessários ou por não haver informação suficiente disponível e são representados por um losango.

Um Evento Condicionante não representa necessariamente uma falha mas é utilizado como uma condição ou entrave para certas Portas Lógicas. Graficamente representado por uma elipse. (Kabir, 2017) O Evento de Topo é toda a origem de uma Árvore de Diagnóstico, é a falha que provoca a mal função do sistema e que induz a necessidade de análise e estudo do funcionamento do processo operativo e a investigação da sua origem. É representado, igualmente como nos Eventos Intermédios, por um retângulo.

Por fim, um Evento Normal não representa qualquer falha e faz parte do comportamento normal do sistema. Eventos normais são graficamente representados por uma casa. (Kabir, 2017)

Por fim, existem os Eventos de Transferência, cujo propósito é indicar que a Árvore de Falhas é extensa e necessita de se prolongar noutro local. São indicativos de entrada ou saída e são representados por triângulos. (Kabir, 2017) O Quadro 3.1 apresenta as formas gráficas utilizadas para representar os Eventos acima descritos na construção de uma SFT.

Símbolo	Tipo de Evento
	Evento Básico
	Evento Intermédio/Evento de Topo
	Evento Não Desenvolvido
	Evento Condicionante
	Evento Normal
	Evento de Transferência

Quadro 3.1 – Representação gráfica dos Eventos numa *Standard Fault Tree*.

Para estabelecer a ponte entre os eventos, existem as Portas Lógicas. Existem 5 Portas Lógicas, sendo que as mais utilizadas na construção de uma SFT a Porta "E" e a Porta "OU".

As Portas "E" são utilizadas quando o evento de saída só ocorre quando todos os eventos de entrada ocorrem, enquanto que as Portas "OU" são associadas a eventos de saída que ocorrem se um ou mais eventos de entrada ocorrem. (Silva, 2013)

As restantes Portas Lógicas são aplicadas a casos mais particulares, como a Porta "OU EXCLUSIVO" que se aplica quando o evento de saída ocorre somente se exatamente um dos eventos de entrada ocorrer.

A Porta "E PRIORIDADE" é utilizada quando o evento de saída ocorre somente se todos os eventos de entrada ocorrerem de acordo com uma sequência específica. Se se verificar que a saída de um evento ocorre quando há entrada de um evento condicional, então são aplicadas as Portas "INIBIDORAS". (Silva, 2013)

O Quadro 3.2 introduz as representações gráficas das Portas Lógicas na elaboração de uma SFT.

Símbolo	Tipo de Porta Lógica
	Porta "OU"
	Porta "E"
	Porta "OU EXCLUSIVO"
	Porta "E PRIORIDADE"
	Porta "INIBIDORA"

Quadro 3.2 – Representação gráfica das Portas Lógicas numa *Standard Fault Tree*.

3.2.5. Conjuntos de Corte

No final da construção da Árvore de Falhas, são apresentados os resultados da execução do método, e tais resultados são um grupo de combinações das falhas do sistema que levam à ocorrência do Evento de Topo. Cada combinação é denominada como um Conjunto de Corte. Conjuntos de combinações suficientes para causar o Evento de Topo, dá-se o nome de Conjunto de Cortes Mínimos. (Silva, 2013)

É importante realçar que a probabilidade de ocorrência do Evento de Topo só é obtida a partir da representação por cortes mínimos da Árvore de Falhas, logo é essencial que todos os Cortes Mínimos sejam determinados antes da obtenção da probabilidade do Evento de Topo. (Silva, 2013)

3.3. Método Aplicativo da FTA

3.3.1. Noções Iniciais

Em 2002, um grupo de cientistas elaboraram um documento, a pedido da agência aeroespacial norte-americana NASA e como reforço de outro guia de utilização de FTA produzido em 1981 – *Faul Tree Handbook* – para aumentar conhecimentos sobre este método de análise de causas. Nesse documento,

os autores defendem que uma SFT bem sucedida deve seguir os seguintes passos (Stamatelatos et al., 2002):

1. Identificar o objetivo da FTA.
2. Definir o Evento de Topo da FT.
3. Definir o espaço da FTA.
4. Definir o nível de detalhe a aplicar na FTA.
5. Definir as regras básicas para a FTA.
6. Construir a FT.
7. Avaliar a FT.
8. Interpretar e apresentar os resultados.

Os 5 primeiros passos são dedicados à formulação do problema a abordar na Árvore de Falhas, enquanto que os restantes passos já são totalmente dedicados à construção e avaliação da FTA e interpretação dos resultados que foram obtidos (Stamatelatos et al., 2002). A Figura 3.2 apresenta graficamente os passos acima descritos e a relação que têm uns com os outros.

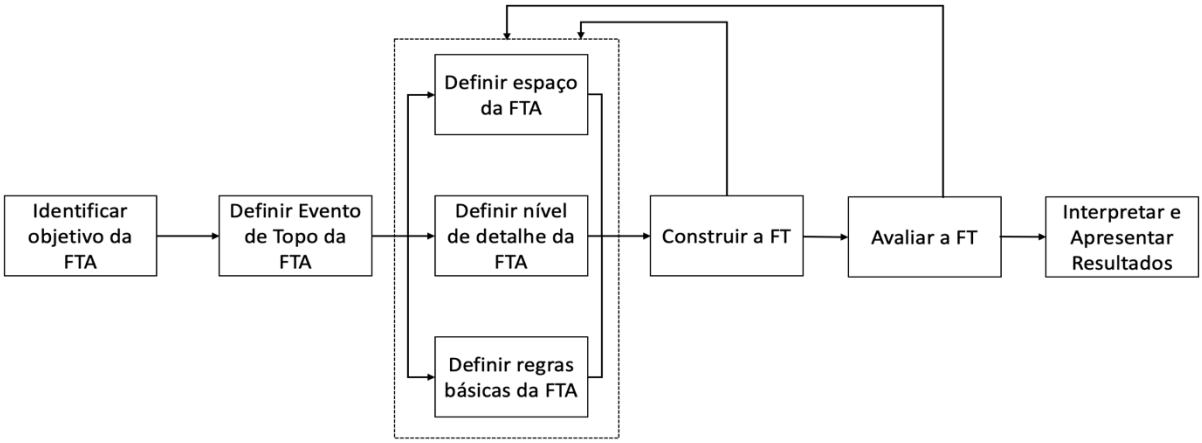


Fig. 3.2 – Apresentação dos 8 passos a seguir na construção de uma Árvore de Falhas. (Adaptado de (Stamatelatos et al., 2002)) (Ver Subcapítulo 3.4 para exemplo de aplicação)

3.3.2. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

Os passos apresentados no subcapítulo 3.3.1 são o que definem o caminho para a elaboração de uma FTA bem sucedida. O 1º Passo, Identificação do Objetivo da FTA, passa por determinar o objetivo da análise, formulando o problema do sistema em estudo. De forma a alcançar o sucesso, o objetivo do estudo deve ser aplicado como uma falha de um sistema, i.e, se o objetivo de estudo for a análise do desenvolvimento de um processo, é necessária a investigação de todo o percurso e a identificação das falhas que primeiramente possam causar, para que o mesmo não se repita no futuro. (Stamatelatos et al., 2002)

O 2º Passo, Definição do Evento de Topo, é a identificação da causa principal que leva à execução do método. Este Evento demonstra como é que o sistema em estudo falha e, casualmente, este objetivo pode levar à identificação e posterior análise de outros problemas que o sistema possa reportar. (Stamatelatos et al., 2002)

A definição do espaço da Árvore de Falhas constitui a 3ª Etapa de aplicação. O espaço refere-se ao campo de ação da análise da FTA, indicando as falhas e condicionantes a incluir no estudo, o espaço e período temporal a incluir na análise do sistema. São, assim, a identificação do sistema, a definição dos

Versão para discussão

modos de operação, as falhas dos componentes do sistema a considerar no estudo e todos os aspetos que determinam o universo de aplicação do método ao caso de estudo. (Stamatelatos et al., 2002)

A 4ª Etapa passa pela determinação do nível de detalhe a aplicar na análise. Se o evento de topo for uma falha funcional, como falhas de operação ou paragens acidentais, então o Evento de Topo é assente nos principais componentes do sistema. No caso de ser origem fora do controlo humano, então a resolução a aplicar está na modelação das causas do evento.

Nos modelos quantitativos, o desenvolvimento do mesmo é baseado na necessidade de alcançar a melhor estimativa possível para a ocorrência dos Eventos de Topo, tendo em conta toda a informação e dados disponibilizados. A construção de uma Árvore de Falhas tem o intuito da redução da probabilidade de ocorrência de falhas existentes, aumento a eficiência do sistema em análise.

Muitas vezes a FTA é desenvolvida com pouco detalhe, propositadamente, com vista a estimar probabilidade de ocorrência de eventos básicos ou onde a discriminação do risco já não é relevante. (Silva, 2013)

O 5º Passo define as regras básicas da Árvore de Falhas, regras estas que incluem os procedimentos e respetiva nomenclatura dos Eventos e Portas Lógicas a utilizar. É importante que a nomenclatura utilizada seja clara e objetiva para que a análise da FTA seja de fácil compreensão.

É importante a definição e aplicação das regras básicas, principalmente se houver vários indivíduos a desenvolver a mesma Árvore de Falhas, para ser possível observar consistência e rigor durante toda a análise da mesma. (Silva, 2013)

A construção da Árvore de Falhas constitui a 6ª Etapa a aplicar. A FTA, conforme referido previamente, tem início no Evento de Topo e desenvolve-se para todas as causas imediatas ou eventos intermédios para a ocorrência da falha original, interligados pelos vários tipos de Portas Lógicas, sempre em sentido oposto ao da sequência temporal da ocorrência dos Eventos – Análise *Top-Down*. É importante considerar algumas regras para a correta construção de uma Árvore de Falhas (Mendonça, 2013):

1. Todos os Eventos dentro de retângulos ou círculos devem ter informação que responda a "Quem?" (pessoa) ou "O que falha?" (elemento), "Qual o tipo de falha?" e "Em que se repercute o índice de falha?".
2. Como a Árvore de Falhas se constrói por níveis, não se deve prosseguir para o nível seguinte sem garantir que o nível anterior esteja finalizado.
3. Devem-se completar todas as entradas de um operador sem passar ao seguinte.
4. Não se devem ligar operadores entre si, sabendo que cada operador deve englobar as falhas adequadas (intermedias ou básicas).

Na 7ª Etapa procede-se à avaliação da Árvore de Falhas, avaliação esta que pode ter carater qualitativo ou quantitativo. Na avaliação qualitativa obtém-se informações sobre a natureza dos eventos básicos, análise dos cortes mínimos e o número de eventos combinados em cada corte.

Na avaliação quantitativa, é analisada a probabilidade de ocorrência de cada Evento Básico e dos conjuntos de cortes que contribuem para os Eventos de Topo. (Silva, 2013)

Por fim, o 8º Passo refere-se à interpretação e apresentação dos resultados obtidos da análise e aplicação do método. É de salientar que o ênfase nesta fase deve estar mais na interpretação dos resultados do que na apresentação, pois muitos casos reportados da aplicação de FTA apresentaram pouco impacto pois o realce do estudo estava na apresentação dos resultados, ao invés da interpretação dos mesmos. A interpretação dos resultados deve ser tal que prova o potencial impacto do objetivo do estudo. (Stamatelatos et al., 2002)

3.4. CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE DE FALHAS

Conforme apresentado previamente pelo autor, a Árvore de Falhas é um método divido em níveis com origem numa falha/anomalia, à qual se intitula de Evento de Topo. Após essa identificação são atribuídas as principais áreas do sistema ou principais causas que possam ter gerado a manifestação da patologia, Eventos Intermédios de primeiro nível.

Na ótica do autor, existem cinco grandes áreas que podem levar a ocorrência de patologias em edifícios em fase de garantia, sendo elas a Gestão, o Projeto, a Utilização, a Mão de Obra e os Materiais de Construção. Estes são os Eventos Intermédios de primeiro nível que o autor considera na FTA. Cada Evento Intermédio é seguido de novo Evento Intermédio, e assim sucessivamente, até atingir as causas finais, os Eventos Básicos.

Com o avanço da análise dos casos de estudo, a Árvore de Falhas sofreu bastantes alterações até atingir a sua forma final, de forma que sejam expostas o maior número de possibilidades da origem das anomalias em estudo. É importante referir e considerar que existem mais áreas do processo construtivo que possam ser consideradas para a determinação da causa das anomalias, no entanto, as áreas acima mencionadas são as que resultaram da pesquisa e investigação realizada pelo autor.

Como exemplo da construção de uma Árvore de Falhas, recorrendo aos passos representados na Figura 3.2, é definido o objetivo da FTA, o propósito da análise que é a não conformidade ou anomalia reportada e é estabelecido o Evento de Topo.

Posteriormente é definida em que categoria da construção esse Evento de Topo se relaciona – Gestão/Planeamento, Mão de Obra, Materiais de Construção, Projeto ou Utilização. Definida a categoria em que se insere a anomalia reportada, são determinados Eventos Intermédios que se inserem dentro da categoria selecionada, abrindo o leque de possibilidades que o caminho crítico pode percorrer até encontrar a sua causa remota.

Este processo divide-se em diversos níveis, dependendo sempre do nível de complexidade da Árvore de Falhas.

Após estarem definidos todos os estes parâmetros da FT, estando todos os Eventos determinados e corretamente colocados na estrutura da FT, é possível avaliar a sua constituição e a sua precisão científica. É possível realizar uma análise completa de um caso de estudo e verificar se efetivamente a Árvore de Falhas está corretamente definida e se os seus parâmetros são válidos e adequados.

Claro está que, analisando as causas mencionadas nas Árvores de Falhas que se seguem, as mesmas não são as únicas que possam surgir. São as causas resultantes da pesquisa, estudo e investigação realizadas pelo autor no decorrer do presente documento.

3.4.1. GESTÃO/PLANEAMENTO

Primeiramente o autor descreve os eventos relacionados com a Gestão e Planeamento e a correspondente Árvore de Falhas que a complementa. Esta FT apresentada está inserida na Árvore de Falhas global, que será revelada mais à frente. Na figura 3.3 é possível observar o esquema da FT associada a esta área.

Gestão/Planeamento:

1. Gestão de Custos
    a. Erro de Orçamentação
        i. Inexperiência do orçamentista
        ii. Mudança de fornecedor
    b. Erro na Encomenda
        i. Escassez de tempo
        ii. Falha de compatibilidade com o projeto
    c. Contenção de custos

        i. Problemas financeiros
        ii. Escolha de materiais mais baratos
2. Gestão de Prazos
    a. Falha na receção do material
        i. Problema do fornecedor
        ii. Falta de pessoal para a receção do material
    b. Atrasos na execução
        i. Ausência de pessoal
        ii. Falta de material/material desadequado
        iii. Falta de equipamentos/equipamento desadequado
        iv. Difícil acesso ao local a intervir
3. Gestão de Equipas
    a. Escassez de pessoal
    b. Várias obras em simultâneo
        i. Obras distintas
        ii. Escassez de tempo
        iii. Grandes deslocações
4. Comunicação
    a. Falta de clareza
        i. Pouco rigor
        ii. Pouco detalhe
    b. Erro na comunicação
        i. Comunicação verbal
        ii. Má perceção da mensagem transmitida
        iii. Falta de explicação

Versão para discussão

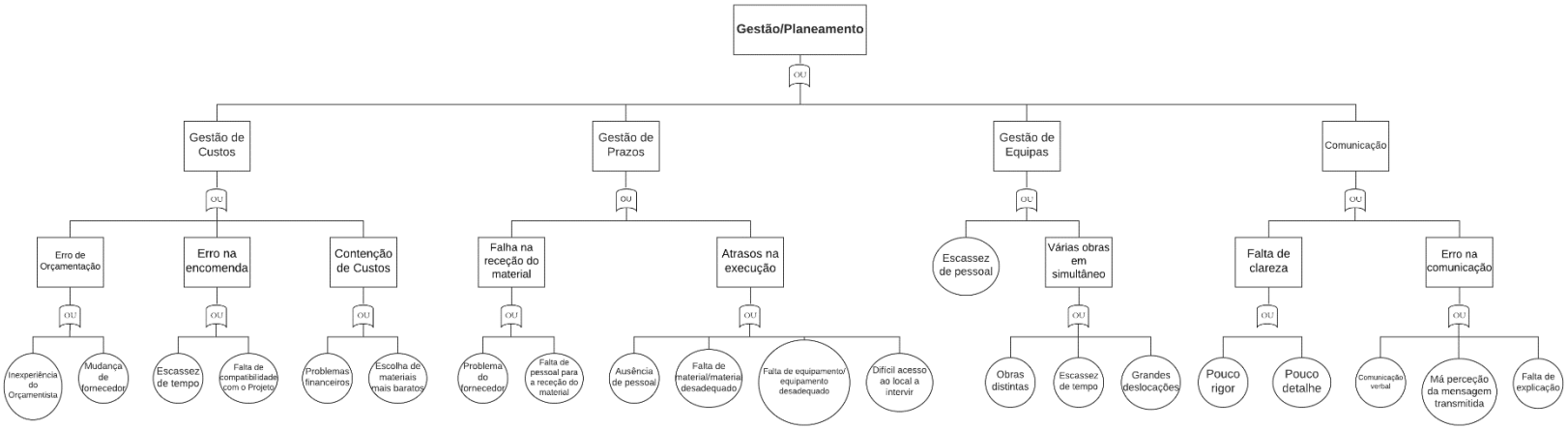


Fig. 3.3 - Excerto da Árvore de Falhas global, relativamente à fase de Gestão e Planeamento. (Anexo A1)

3.4.2. PROJETO

Quanto ao Projeto elaborado, é possível determinar possíveis causas responsáveis pela manifestação de patologias da construção e anomalias. A Figura 3.4 é elucidativa da respetiva Árvore de Falhas.

Projeto:

1. Problema de Projeto
    a. Falta de dados e informação
    b. Omissões
    c. Erros de cálculo
        i. Inexperiência do projetista
        ii. Falta de dados científicos
    d. Escolha de materiais errados
2. Alterações
    a. Pedidos do cliente
    b. Alterações repentinas/última hora
3. Execução
    a. Erros de execução
    b. Falta de coordenação
    c. Interpretação incorreta do projeto

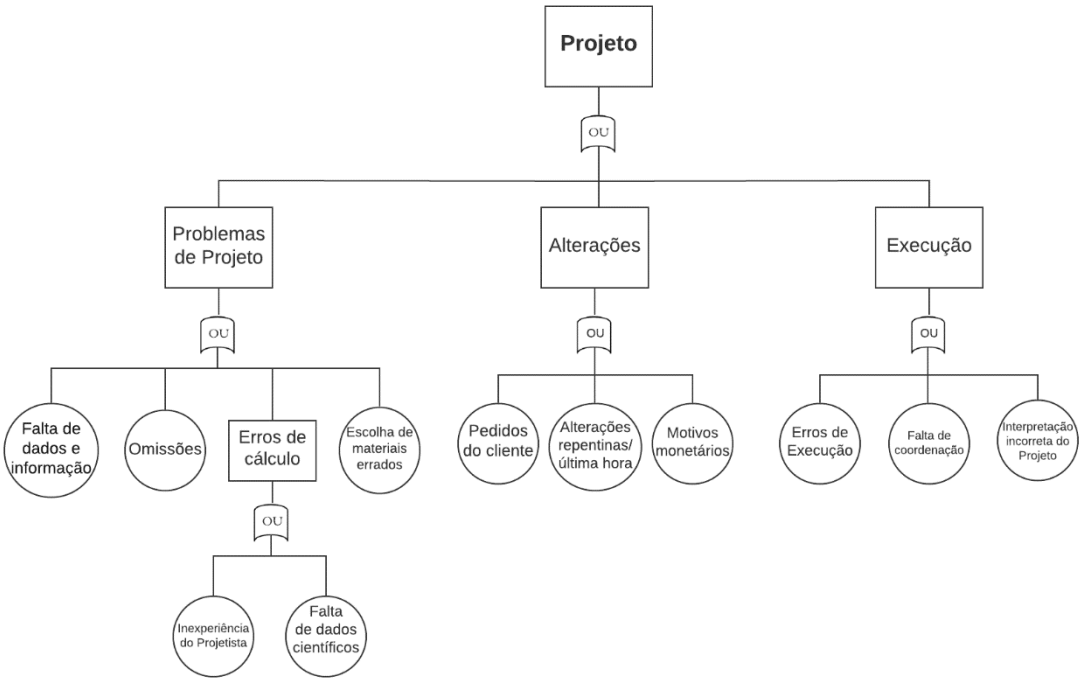


Fig. 3.4 - Excerto da Árvore de Falhas global, relativamente à fase de Projeto. (Anexo A2)

Versão para discussão

3.4.3. UTILIZAÇÃO

De seguida são introduzidas possíveis causas e eventos que estão diretamente relacionados com a fase de utilização dos edifícios. Na Figura 3.5 é possível analisar o excerto da Árvore de Falhas global, referente a este capítulo.

Utilização:

1. Manutenção
    a. Falha de manutenção regular
        i. Falha de prazos
        ii. Insuficientes recursos monetários
    b. Falta de instrução e informação
    c. Falta de observação
2. Funcionamento dos edifícios
    a. Negligência
        i. Denuncia tardia
        ii. Esquecimento
    b. Falta de instrução/informação
3. Reparações
    a. Reparação inadequada
    b. Intervenção desnecessária
    c. Reparação de emergência
4. Má utilização
    a. Acidentes
    b. Mau uso
    c. Descuido

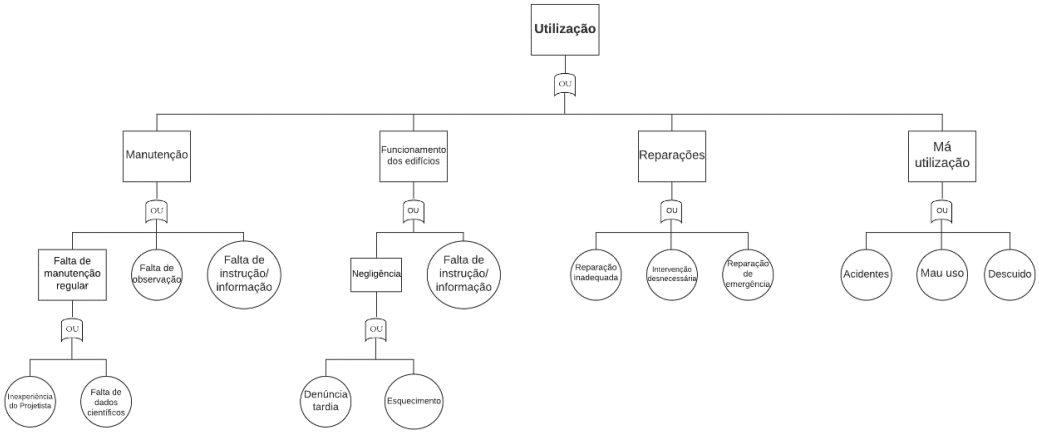


Fig. 3.5 – Excerto da Árvore de Falhas global, relativa à Utilização. (Anexo A3)

3.4.4. MÃO DE OBRA

De seguida, são apresentados os eventos e causas do aparecimento das patologias que estão relacionadas com erros de execução da mão de obra. Esta Árvore de Falhas está representada graficamente na Figura 3.6.

Mão de Obra:

1. Falta de formação
    a. Falta de conhecimento

   b. Impossibilidade de investimento
   c. Não qualificado para a execução da tarefa
   d. Inexperiência
2. Falta de qualidade
   a. Desinteresse
   b. Falha de controlo
      i. Sobrecarga de obras para os responsáveis
      ii. Escassez de tempo
   c. Esquecimento
   d. Negligência/desleixo
   e. Falta de brio
3. Incumprimento de instruções
   a. Desinteresse
   b. Esquecimento
   c. Má-fé
4. Problemas dos operários
   a. Mau relacionamento entre operadores
      i. Diferentes etnias
      ii. Diferentes faixas etárias
      iii. Barreiras linguísticas/culturais
   b. Problemas pessoais
   c. Problemas saúde
   d. Cansaço
      i. Tarefas fisicamente exigentes
      ii. Sobrecarga
      iii. Pouco tempo livre
5. Falta de motivação
   a. Pouco tempo livre
   b. Remuneração baixa
   c. Mau relacionamento entre operadores
   d. Mau relacionamento com superiores
   e. Descontentamento
      i. Falta de reconhecimento
      ii. Reduzida possibilidade de progressão de carreira

3.4.5. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Por fim, são apresentadas as causas e eventos, relacionados com os materiais de construção utilizados no processo construtivo. A respetiva Árvore de Falhas está representada na figura 3.7.

Materiais de Construção

1. Materiais diferentes do projeto
   a. Falta do material correto em obra
   b. Erro em obra
   c. Falha de controlo
   d. Motivos monetários
2. Problema com o fornecedor
   a. Erro do Fornecedor
   b. Escassez de matéria-prima
   c. Erro de logística
3. Materiais de fraca qualidade

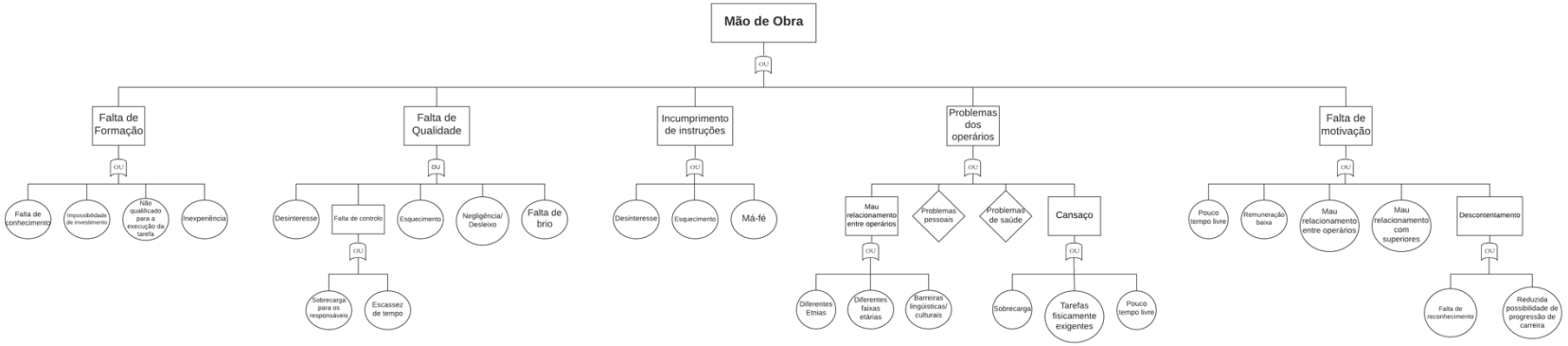


Fig . 3.6 – Excerto da Árvore de Falhas global, relativa à Mão de Obra. (Anexo A4)

a. Motivos monetários
b. Fornecedor

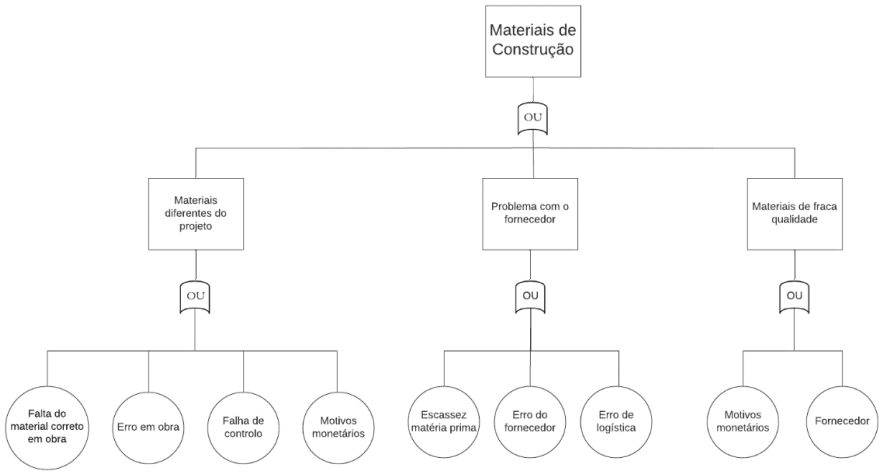


Fig. 3.7 – Excerto da Árvore de Falhas global, relativa aos Materiais de Construção. (Anexo A5)

A Árvore de Falhas global, conforme o seu nome o indica, é o aglomerado de todos os excertos representados supra, elucidando a sequência lógica dos eventos. Apesar de estar mostrada na Figura 3.8 e devido aos diversos ramos da FT, a sua leitura inicial torna-se impercetível, pelo que se encontrarão em anexo, todos os ramos acima visualizados e a Árvore de Falhas global. Dada a dimensão da Árvore de Falhas global, nos anexos do presente documento está presente uma representação da mesma numa escala superior, facilitando a leitura e interpretação da mesma.

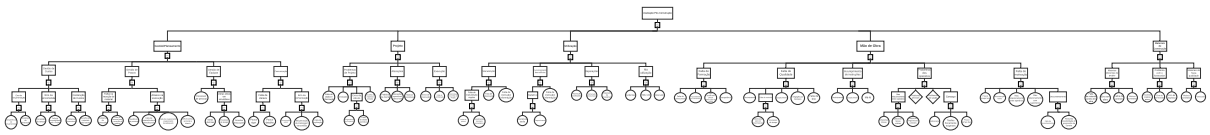


Fig. 3.8 – Árvore de Falhas global. (Anexo A6)

3.5. INDICAÇÕES FINAIS

Este método científico foi o escolhido para a análise dos casos de estudo, pois permite a avaliação e consideração de diversas possibilidades, de diversos intervenientes e causas que desencadeiam a ocorrência das patologias e desenvolve todo o caminho percorrido, desde o acontecimento até à sua causa, aplicando o maior detalhe pormenor possível. Assim, procura-se encontrar o que se chama de "caminho crítico", que mostra o caminho desde o acontecimento até à sua causa, seguindo uma sequência lógica. De notar que, com o avanço do estudo dos casos de estudo e de diferentes situações não mencionadas no presente documento, a Árvore de Falhas sofreu constantes alterações, com vista a estar o mais completa possível e é esta a versão final que se apresenta.

O próximo capítulo é onde se apresentam os casos de estudo reais, disponibilizados por uma empresa de construção, onde foram reportadas reclamações por parte do utilizador/Dono de Obra, em fase de garantia, quais são as patologias ou anomalias reportadas e é feita uma primeira análise dos registos visuais e testemunhos das entidades responsáveis, para mais à frente se aplicar o método científico em estudo, de forma a analisar a sua viabilidade.

Versão para discussão

4
INTRODUÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

4.1. INDICAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo procede-se à introdução e apresentação dos casos de estudo reais, onde será aplicado o método de estudo de Árvore de Falhas, previamente apresentado. A análise dos casos de estudo passará por diversas fases, como a exposição das situações, a descrição da anomalia registada e quais as consequências que tal anomalia causou.

No capítulo seguinte será aplicada a FTA e expostos os respetivos resultados, assim como a menção de possíveis medidas de prevenção para tais situações, de forma que seja possível evitar que tais anomalias e/ou patologias surjam noutras construções.

4.2. OBRA 1

O primeiro caso de estudo centra-se numa ETAR no município de Arganil. Esta obra consistiu na colocação de dois depósitos metálicos para o tratamento de águas residuais, com cerca de catorze metros de comprimento e três metros de diâmetro e os respetivos equipamentos eletrónicos para o controlo da estação.

A figura 4.1 mostra o estaleiro da construção da ETAR em estudo.



Fig. 4.1 – Estaleiro da construção da ETAR de Pomares, Arganil.

4.2.1. CASO DE ESTUDO 1

Foi reportado à entidade executora e autora do projeto, por parte do Dono de Obra, a emersão de um dos depósitos metálicos. A Figura 4.3 ilustra um registo fotográfico do sucedido. Este invulgar acontecimento teve como catalisador a subida do nível freático do rio Alva devido a intensas chuvadas durante bastantes dias mas, no entanto, não foi este fenómeno que causou o incidente registado.

Este acontecimento implicou a paragem total do funcionamento da ETAR em causa, até ser determinada a responsabilidade de reparação do sucedido e da conclusão das intervenções para reparar a anomalia verificada.



Fig. 4.2 – Representação visual do Caso de Estudo 1.

4.3. OBRA 2

De seguida, são processadas algumas reclamações, desta vez numa instituição de solidariedade social, na cidade do Porto. Esta obra teve início em 2016 onde a empresa construtora deu início ao processo construtivo das novas instalações da instituição. A figura 4.3 mostra uma imagem do edifício construído, na cidade do Porto.

Foi reportado por parte do Dono de Obra a observação de diversas anomalias, que ainda recaiam sobre o período de garantia e de Apoio em Pós-Venda, por parte da entidade construtora.



Fig. 4.3 – Instituição solidária na cidade do Porto.

4.3.1. Caso de Estudo 2

Neste edifício registaram-se algumas incidências, como o levantamento do taco de madeira no pavimento de algumas divisões. Quando se procedeu à avaliação da reclamação processada, verificou-se que havia uma lâmina de água debaixo do pavimento, o que provocava a ascensão da água até ao pavimento e o respetivo deterioramento do material.

Foram realizados diversos testes de despiste na tentativa de descoberta da origem da água até chegar a uma conclusão, conforme é possível visualizar na Figura 4.4. Esta anomalia causou a interrupção da utilização das salas onde se verificavam este problema, até ao seu arranjo final.



Fig. 4.4 – Teste realizado no pavimento na procura da anomalia.

4.3.2.Caso de Estudo 3

Outra patologia reportada por parte do Dono de obra foi o aparecimento de fissuras nas paredes de fachada. É possível fazer um registo visual do sucedido e foram realizados testes, recorrendo a um fissurómetro, de forma a tentar entender se seria problema estrutural ou se a origem da anomalia estaria num outro aspeto.

Após os resultados do fissurómetro mostrarem que não existia progresso das fissuras, foi possível excluir diversas possibilidades e determinar a verdadeira causa da patologia verificada. A Figura 4.5 representa a anomalia registada, assim como o resultado de um dos testes realizados.



Fig. 4.5 – Fissuras presentes nas fachadas e os testes realizados recorrendo a um fissurómetro.

4.3.3. CASO DE ESTUDO 4

Recentemente foi reportado junto da equipa de APV da entidade construtora, que havia a suspeita de uma fuga de água, no piso zero do empreendimento, possivelmente proveniente dos balneários do staff.

A equipa de APV deslocou-se ao local e avaliou as possibilidades da origem da anomalia, até chegarem à conclusão de que a mesma estava no isolamento da base de duche. A Figura 4.6 representa visualmente a anomalia e o local a intervir.

Foram realizadas as medidas de prevenção e reparação do sucedido, solucionando o problema.



Fig. 4.6 – Registo fotográfico da anomalia reportada.

4.4. OBRA 3

Um Centro Hospitalar no norte do país é outro exemplo de uma obra realizada pela entidade construtora, nomeadamente a Unidade de Cuidados Intensivos - UCI. Esta construção foi particularmente desafiante para a empresa construtora, pois tinham um prazo de execução do projeto bastante reduzido, comparativamente com o que é habitual em circunstâncias semelhantes. O prazo estipulado e cumprido foi de 90 dias.

Após o término da execução dos trabalhos, entrou a fase de prestação de apoio em fase de garantia, e foram registadas algumas anomalias verificadas na UCI, cuja responsabilidade recaiu sobre a entidade construtora. A Figura 4.7 apresenta um registo fotográfico da construção em estudo.

Versão para discussão



Fig. 4.7 – Nova UCI do Centro Hospitalar. (SNS, 2021)

4.4.1. Caso de Estudo 5

Foi reportado por parte do Dono de Obra que verificaram que existia uma fuga de água em um dos reservatórios de abastecimento de água do Centro Hospitalar. Este incidente é grave pois o elemento em questão é essencial para o funcionamento do Hospital, logo interromper o funcionamento de um reservatório pode causar algum transtorno para a instituição.

Após observação da anomalia reportada, foi possível determinar onde estava a sua origem, assim como a determinação do processo de reparação. O maior inconveniente é a necessidade de esvaziar o reservatório para se conseguir reparar a anomalia e permitir que o elemento volte ao seu completo funcionamento. A Figura 4.8 representa visualmente o interior de um dos reservatórios.



Fig. 4.8 – Registo fotográfico de um dos reservatórios.

4.4.2. Caso de Estudo 6

Durante uma visita às instalações do Centro Hospitalar, foi reportado o mal funcionamento de uma porta corta-fogo, de acesso à Unidade de Cuidados Intensivos. Os profissionais de saúde informaram os responsáveis da entidade construtora que a porta ao não fechar, pode comprometer o correto funcionamento da UCI e até mesmo o estado de saúde dos pacientes. A Figura 4.9 apresenta a porta, sobre a qual foi processada a reclamação por parte do Dono de Obra.

A empresa construtora detetou a anomalia e as potenciais causas e origens para o mau funcionamento do equipamento, assim como quais os procedimentos de reparação do equipamento.



Fig. 4.9 – Representação visual da porta corta-fogo em questão, destacada a vermelho. (DFS, 2021)

4.5. OBRA 4

Nos edifícios de habitação multifamiliar, é mais comum do que o que era desejado encontrar anomalias e que se registem a presença de patologias da construção. É o caso de um edifício com menos de 5 anos de existência, localizado em Lisboa, onde os utilizadores reportaram a presença de diversas anomalias em diferentes divisões dos apartamentos. A Figura 4.10 representa visualmente o edifício em estudo.



Fig. 4.10 – Edifício em estudo, em Lisboa.

4.5.1. CASO DE ESTUDO 7

Os utilizadores de um dos apartamentos do edifício, reportaram junto da entidade construtora da existência de machas e saliências no teto de uma casa de banho de serviço, devido à presença de água. Após a abertura do teto em gesso cartonado, a origem da água foi de difícil perceção pois todos os materiais estavam completamente secos.

Após várias tentativas de estudo e de perceção de onde está a origem da anomalia, esta foi determinada e de imediato iniciada a reparação, conforme é possível verificar na Figura 4.11.



Fig. 4.11 – Registo fotográfico da anomalia registada, com a zona afetada destacada a vermelho.

4.5.2. Caso de Estudo 8

O Dono de Obra contactou a empresa construtora a reportar danos verificados num outro apartamento, no mesmo edifício do Caso de Estudo 6, no pavimento e no rodapé da parede do hall de entrada, junto à cozinha, conforme está ilustrado na Figura 4.12. Esta incidência já está numa fase adiantada, onde os danos causados já requerem maiores intervenções e, consequentemente, maiores custos.

Foram realizadas observações e pesquisas para determinar as possíveis origens da anomalia. Após chegar a uma conclusão, procede-se aos preparativos para a intervenção e execução da mesma.



Fig. 4.12 – Registo fotográfico da anomalia registada.

4.6. Obra 5

Permanecendo na mesma localização geográfica, um outro edifício de habitação multifamiliar, com menos de 5 anos de existência, onde os utilizadores reportaram algumas anomalias presentes em diversos elementos construtivos da casa, que afetam a sua integridade e o aspeto estético dos mesmos.

Estas mesmas anomalias foram analisadas e a sua origem foi estudada e determinada, de forma a proceder à sua intervenção o mais rápido possível, reduzindo o impacto negativo para com os utilizadores e desconforto dos mesmos. A Figura 4.13 representa uma fotografia aérea do edifício em estudo.



Fig. 4.13 – Edifício em estudo, em Lisboa.

4.6.1. Caso de Estudo 9

Foi reportado por parte do utilizador, junto da entidade construtora, que existia um problema com o local onde estava colocado os equipamentos AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado. Estes equipamentos estavam localizados dentro de um alçapão, no teto da sala de estar e, quando foi necessário aceder aos mesmos, verificou-se que o alçapão existente estava subdimensionado para o tamanho dos equipamentos existentes.

Esta situação exigiu o novo dimensionamento do alçapão, a execução do mesmo e as correspondentes alterações no teto do apartamento. A Figura 4.14 mostra o alçapão em questão e a sua disposição no teto da sala de estar do apartamento.



Fig. 4.14– Registo fotográfico do alçapão presente no teto da sala de estar.

4.6.2. Caso de Estudo 10

Foi reportado junto da entidade construtora, a presença de água numa parede de um quarto, água esta que escorria do pátio do vizinho de cima para o pátio do apartamento em estudo. Este problema causou bastantes transtornos aos utilizadores afetados, pois ficaram com esse quarto sem poder ser utilizado.

Foi necessária a intervenção nos dois apartamentos para se determinar a origem da anomalia e para se definir os planos de ação para a resolução do problema. A Figura 4.15 apresenta a anomalia encontrada, que afetou ambos os pisos do edifício.



Fig. 4.15 – Anomalia detetada, fotografia da esquerda referente ao piso de cima e fotografia da direita referente ao piso de baixo.

4.7. OBRA 6

Esta obra relata o novo hotel de luxo na cidade do Porto, inaugurado no presente ano de 2021. Este empreendimento, representado pela Figura 4.16, veio atrair novos turistas à cidade e ajudar a fomentar o crescimento da economia local, face à pandemia mundial que se experiencia atualmente. Apesar de ser um edifício recente, foram expostas pequenas situações que requisitaram a presença do serviço de APV – Assistência Pós-Venda – da empresa construtora para reparar tais situações.



Fig. 4.16 – Hotel de luxo, na cidade do Porto.

4.7.1. CASO DE ESTUDO 11

Foi reportado junto da entidade construtora que existia um equipamento que não estava a funcionar, equipamento este que é responsável pela injeção de líquido de limpeza da água que é abastecida ao hotel. Após análise por parte de especialistas da instalação dos equipamentos, assim como de especialistas da entidade construtora foi detetada a incorreta colocação de uma válvula que garantia a pressão interior na tubagem onde circula o líquido de limpeza e a existência de água a sair por esse mesmo local.

A Figura 4.17 ilustra o circuito de ação do sistema de limpeza da água e o local da anomalia detetada.

A seta vermelha aponta para o elemento que mantem a pressão constante dentro da tubagem de passagem do líquido de limpeza da água, que está desconectado da mesma.



Fig. 4.17 – Circuito de limpeza da água de abastecimento do hotel à esquerda e local da anomalia à direita.

4.7.2. Caso de Estudo 12

Neste Caso de Estudo, o autor analisa a reclamação processada pelo Dono de Obra, onde reporta que existia água no interior dos focos de iluminação no deck da piscina interior do empreendimento. Após a realização de procedimentos de investigação da origem da anomalia, foi possível verificar que existia uma lâmina de água a circular por baixo do pavimento do deck que não estava a ser corretamente escoada para o ponto de saída da mesma, no ponto de cota mais baixa da divisão.

Esta situação causa, não só a presença constante de água no pavimento, mas também a evaporação da mesma entra dentro do foco, embaciando a lente e reduzindo a eficácia do aparelho. A Figura 4.18 demonstra a presença de água por baixo de um dos focos em questão.



Fig. 4.18 – Registo visual da presença de água por baixo do foco de iluminação.

Versão para discussão

4.8. OBRA 7

A obra em estudo é a construção de uma ponte, no Itinerário Principal 3 – IP3. A obra em causa está localizada, mais especificamente, no troço Viseu – Coimbra. A Figura 4.19 mostra uma fotografia da ponte em estudo.

Foi reportado junto da entidade construtora a ocorrência de uma anomalia que poderia causar transtorno para as viaturas que pela ponte circulam.



Fig. 4.19 – Ponte sobre o Rio Dão, no IP3.

4.8.1. CASO DE ESTUDO 13

Foi reportado junto da entidade construtora, a existência de uma anomalia de um dos módulos que completam a junta de dilatação. O módulo estava solto e com a passagem dos veículos, especialmente veículos pesados, este balançava e poderia causar acidentes e danos nas viaturas.

Após o estudo e investigação da junta de dilatação por parte da equipa de APV, foi descoberta a causa remota da anomalia. A Figura 4.20 representa visualmente a anomalia detetada.



Fig. 4.20 – Representação fotográfica da anomalia reportada.

5
APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No presente capítulo, serão apresentados os resultados da aplicação do método, previamente introduzido e explicado, a Árvore de Falhas ou *Fault Tree Analysis*. Este método foi aplicado às situações reais expostas no capítulo anterior, com o objetivo de ajudar a simplificar a descoberta da origem das causas do aparecimento das diversas anomalias registadas nas reclamações dos Utilizadores/Dono de Obra.

Conforme mencionado previamente, este é um método dedutivo e baseado na observação dos acontecimentos, o que induz a investigação e estudo para a correta determinação da verdade. Assim, de seguida o autor apresenta a aplicação do método das Árvores de Falhas, o respetivo caminho da falha, algumas notas e informações sobre o processo de intervenção e também os custos associados a tal intervenção.

O caminho de falha nas Árvores de Falhas está convenientemente destacado a vermelho, para uma melhor leitura e interpretação.

Após a análise dos resultados da aplicação do método cientifico aos casos de estudo reais abordados no presente documento, o autor procede à analise estatística dos resultados.

5.2. CASO DE ESTUDO 1

Como foi apresentado previamente pelo autor, este caso teve como catalisador um fenómeno natural que desencadeou toda a emersão de um dos depósitos metálicos que constituem uma das quatro ETAR construídas pela empresa responsável. Após uma extensa e cuidadosa análise, onde a questão "quem é o responsável pela reparação?" era bastante frágil, devido ao facto de que a obra já estava no fim do período de entrega provisória, faltando apenas a vistoria final para, então, se proceder à entrega definitiva.

Assim, terminada a análise de todos os contratos efetuados entre as duas entidades e a análise de todos os cálculos de projeto, foi determinado que o depósito emergiu porque as cintas de amarração do mesmo à laje de apoio, não estavam capazes de suportar tais forças aplicadas ao depósito. As cintas não suportaram as forças, não por terem sido mal calculados os fatores de segurança e a o valor da força total que as cintas teriam que suportar, mas sim por terem sido fornecidas cintas com resistências inferiores ao devido. Tudo isto devido a um erro de comunicação que houve entre a entidade construtora e o fornecedor do material.

Assim, é possível concluir que existem duas maneiras de abordar a aplicação da FTA. É possível avaliar pela falha do fornecedor, ao não ter pedido melhor esclarecimento sobre o que era realmente pretendido, mas também pelo facto de a mensagem transmitida pela empresa construtora não ter sido explicita o suficiente. Desta forma, as figuras 5.1 e 5.2 mostram os dois possíveis caminhos de falha.

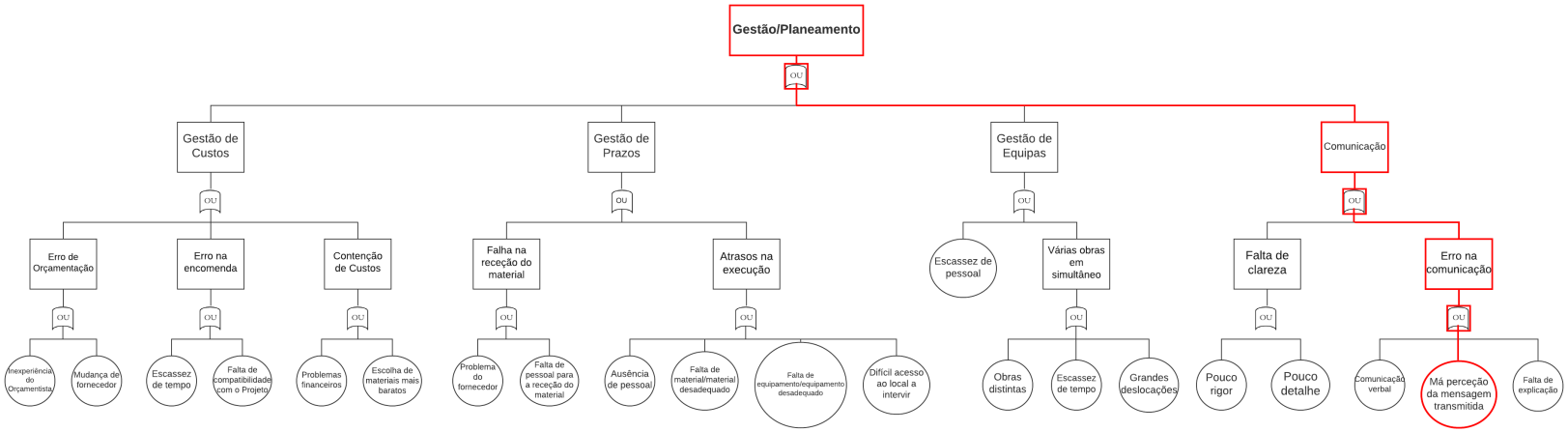


Fig. 5.1 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

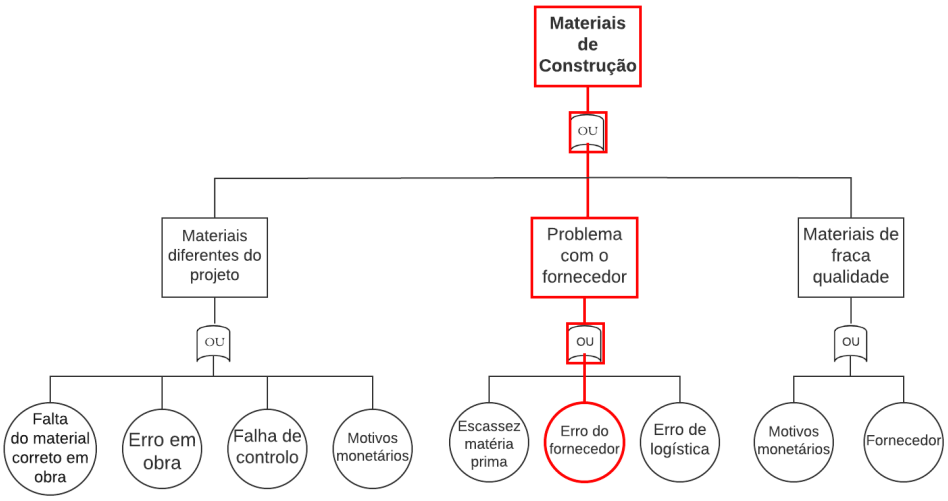


Fig. 5.2 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

Tal como foi relatado acima, a entidade construtora procedeu à elaboração de um relatório de análise do acontecimento, de forma a determinar quem seria o responsável pela execução e pelos custos da intervenção a realizar, responsabilidade esta que recai sobre a empresa construtora, pelo facto de ainda não ter sido realizada a vistoria final, vinte e dois dias após o término do prazo de entrega provisória, logo ainda se encontra em fase de garantia.

A intervenção de reparação requisitou a intervenção de equipamentos de remoção do terreno que rodeia o depósito afetado, foi verificado se a qualidade dos componentes hidráulicos que conectavam os depósitos aos restantes componentes da estação, isto é, se estavam em boas condições de funcionamento ou se era necessário trocar e foi necessário criar um paramento temporário para evitar o movimento do segundo depósito constituinte da Estação de Tratamento de Águas Residuais.

Depois, cortaram-se todas as cintas que fixavam o depósito à laje de apoio e retirou-se o mesmo depósito, de forma a ser possível limpar toda a laje. Após este passo, colocou-se novamente o depósito no seu local, e fixaram-se novamente as cintas, desta vez as cintas corretas e, como medida de segurança, foram reforçadas a quantidade de cintas que se colocaram a prender ambos os depósitos à laje de apoio. Foi necessário colocar todo o material elétrico novamente em funcionamento e por fim, voltou-se a movimentar as terras que cobriam o depósitos.

Para esta intervenção, serão necessárias aproximadamente duas semanas de trabalho, onde estarão presentes quatro operários e um manobrador de equipamentos e está orçamentado gastar cerca de aproximadamente vinte e cinco mil euros, agrupando custos com materiais, equipamentos e mão de obra.

Como medidas de prevenção, é sugerido o cuidado com a transmissão de informação entre as diversas entidades envolvidas em todo o processo construtivo. Comunicação verbal muitas vezes pode ser mal entendida e adotar a estratégia de utilização de comunicação escrita é salvaguarda para qualquer esclarecimento que seja necessário e fica registado para ser consultado mais tarde.

5.3. CASO DE ESTUDO 2

Este caso de estudo parte de uma edificação nova, com menos de cinco anos de existência, onde foi reportado junto da entidade construtora que vários tacos de madeira estavam a descolar, no pavimento da sala dos voluntários. Esta ocorrência causou algum transtorno aos utilizadores do edifício, pois os voluntários não podiam utilizar a sala na sua totalidade.

Após algumas análises e investigações de possíveis causas, os especialistas não chegaram a nenhuma conclusão visual, o que levou à execução de alguns testes para tentar determinar a origem. Assim, foi necessário abrir vários negativos em alguns pontos do pavimento, para tentar determinar se existia água por baixo do soalho, ao qual se verificou que sim, que existia uma lâmina de cerca de dois milímetros de água por baixo da laje do pavimento.

Mediante a descoberta feita pelos especialistas, foi necessário o estudo do projeto, de forma a tentar perceber se a anomalia estava derivada de algum erro de projeto ou se foi má execução por parte da mão de obra. Desta forma, conclui-se que a anomalia estava derivada a um erro de execução, onde a junção entre o tubo de queda de águas pluviais e a tubagem de ligação aos coletores de arruamento.

É possível concluir que a origem desta anomalia está na má execução e desleixo por parte da mão de obra. A Figura 5.3 mostra o caminho de falha que se atribui a este caso de estudo.

Esta situação foi claramente um desleixo por parte do operário responsável pela tarefa, o que provocou todas as restantes consequências. Para solucionar o problema, foi necessário proceder à correta colocação da junção das tubagens e substituir e recolar todos os tacos de madeira que descolaram e respetiva polimento e envernizamento. Esta intervenção necessitou de dois operários, com a duração de uma semana de trabalho e com um custo associado de cerca de quatro mil euros.

Como medidas de prevenção, é sugerido o aumento do controlo das tarefas, quando concluídas, por parte dos Encarregados de Obra ou pelos engenheiros de fiscalização. O controlo da execução das tarefas quando terminadas, permite assegurar que tal tarefa foi executada corretamente, que não existe nenhum defeito e que não induzirá nenhuma anomalia no futuro.

5.4. CASO DE ESTUDO 3

Mantendo o estudo na mesma obra que no Caso de Estudo anterior, desta vez foi reportado junto da entidade construtora a presença de fissuras nas paredes de fachada. Como foi descrito pelo autor no capítulo anterior, foram efetuados testes ao elemento construtivo em questão, em ordem a determinar se a causa das fissuras estava relacionada com problemas estruturais ou geológicos.

Como os resultados dos testes foram negativos, foi possível retirar tais hipóteses do estudo da determinação da causa. Posteriormente, foi analisado o projeto e verificou-se que houve a alteração de um elemento para o suporte do paramento exterior.

Inicialmente estava prevista a colocação de uma cantoneira metálica de suporte entre o paramento interior e o paramento exterior mas, no entanto, os responsáveis acharam que tal perfil metálico poderia dilatar com as altas temperaturas então substitui-se a mesma pela colocação de um perfil metálico em L, presos com bucha química, sendo esta uma solução mais económica a aplicar antes do inicio do processo da cofragem e para dar o arranque do paramento exterior.

Dadas as circunstancias, é possível verificar que os responsáveis pela construção tomaram a decisão de utilizar produtos mais económicos que apresentariam os mesmos resultados, claramente numa tentativa de redução de custos.

Esta decisão pode não ter sido exclusivamente tomada pelos responsáveis da gestão e planeamento de obra, mas também dos projetistas que, na igual tentativa de reduzir custos, optaram por alterar o material previsto inicialmente. Desta forma, é possível determinar que a origem desta anomalia está na alteração do material para reduzir custos. As Figuras 5.4 e 5.5 demonstram visualmente o caminho de falha para cada uma das áreas respetivas.

Assim, para a solução deste problema, foi necessário abrir as fissuras presentes, foram colocados grampos de aço inoxidável, presos com bucha química, preencheram as aberturas com argamassa e com rede armada e posterior pintura da parede de fachada.

Versão para discussão

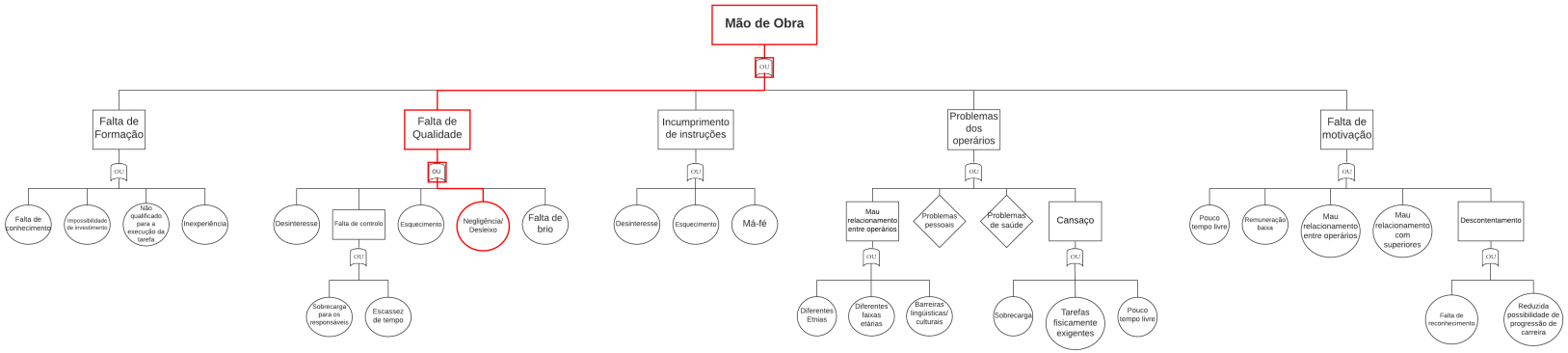


Fig. 5.3 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

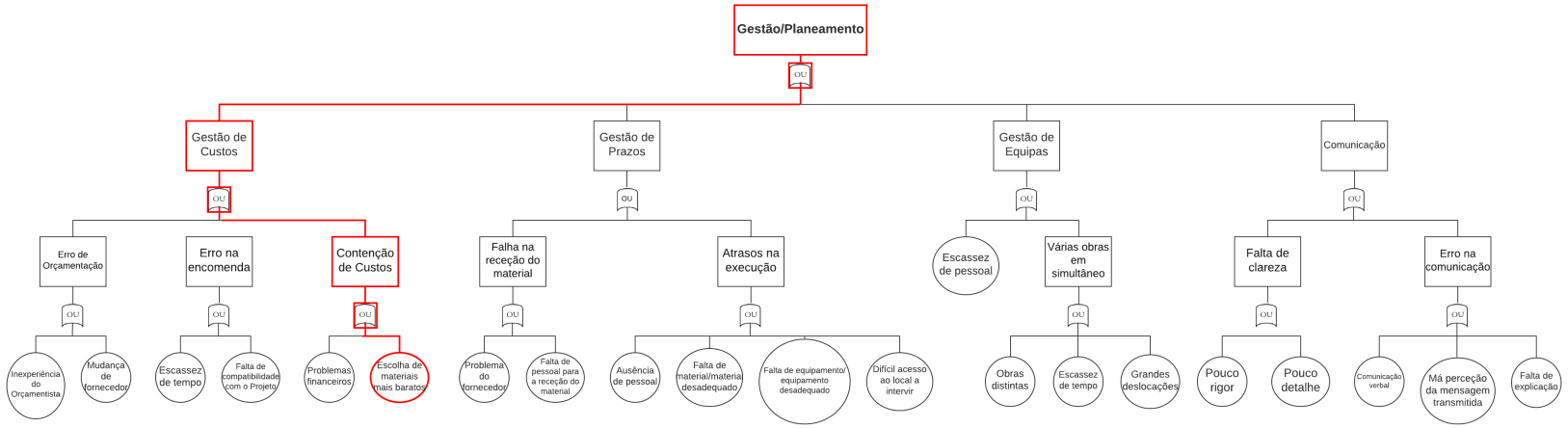


Fig. 5.4 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

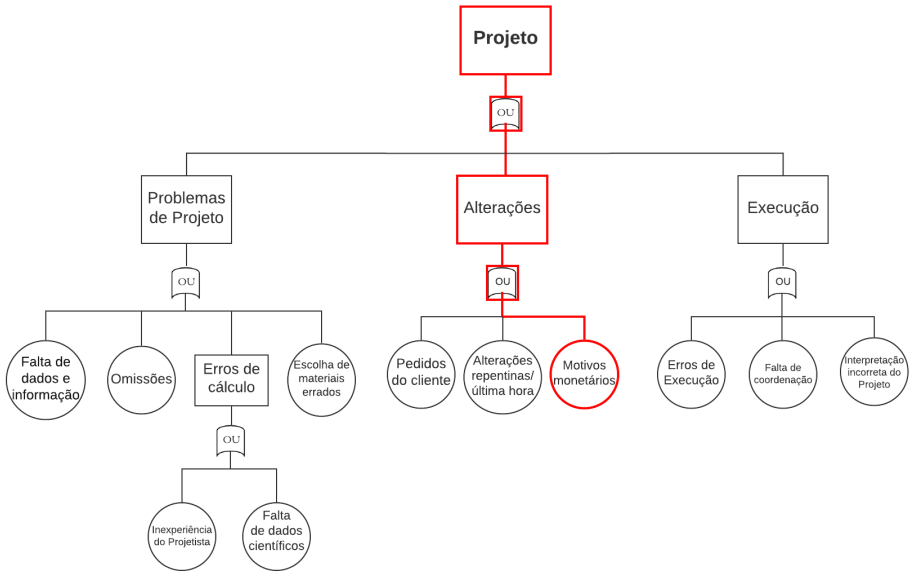


Fig. 5.5 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

Esta intervenção foi realizada em duas fases. Primeiro, foram intervencionadas as fachadas com orientações a Nascente e a Sul, e apenas posteriormente se iniciaram os trabalhos nas fachadas voltadas a Norte e a Poente. Estes trabalhos requisitaram seis operários, com uma duração total aproximada de quatro semanas e com um custo associado de sensivelmente trinta mil euros, agrupando custos com materiais, mão de obra e equipamentos.

Como medidas de prevenção, é sugerida a revisão do comportamento dos materiais selecionados e o correto dimensionamento dos mesmos. Apesar de a abordagem da redução de custos ser uma possibilidade e, por vezes, necessidade dos Diretores de Obra/Dono de Obra, esta abordagem pode causar problemas mais tarde, tal como se verificou nesta situação. Por este motivo é que está sugerido a revisão e consulta de especialistas para a alteração de determinados processos previamente estabelecidos.

5.5. CASO DE ESTUDO 4

Como consta no capítulo prévio, a situação agora em estudo reporta para a presença de água por baixo do pavimento no piso zero da instituição. Suspeitava-se que a origem da água estaria no balneário do staff, e após uma cuidada análise da divisão, foram detetadas duas não conformidades com a colocação da base de duche.

Primeiro, o remate da base com o azulejo constituinte da parede do duche não estava corretamente aplicado, uma vez que existia uma margem de cerca de um centímetro entre a base a parede, o que implica que quando o duche é utilizado, a água que é projetada para a parede procede uma trajetória descendente e, como a base não está colocada junto da parede, a margem entre os dois elementos acumula água.

Para complementar a situação, a base do duche foi isolada com cola e veda e foi reportado que o mesmo tinha rompido. Tal alteração do material provoca infiltrações da água para locais onde não é suposto circular água.

Analisando a situação do ponto de vista do autor e da aplicação do método FTA, esta anomalia resulta da má execução por parte da mão de obra e também da qualidade do material vedante utilizado. Tanto a má colocação da base do duche como a incorreta aplicação do material vedante.

É possível descartar a possibilidade de a má colocação da base estar associada a um erro de projeto, uma vez que o mesmo foi consultado por parte da equipa de APV e confirmaram que o projeto previa a colocação correta da base.

Desta forma, as Figuras 5.6 e 5.7 representam visualmente os caminhos de falha das Árvores de Diagnóstico correspondentes ao Caso de Estudo.

Iniciando a análise da FTA, a incorreta colocação da base de duche está derivada da falha de cumprimento de ordens por parte dos operários, uma vez que no projeto estava claramente explicito que a base deveria estar colocada junto à parede e o mesmo não se verifica. Esta situação retrata um claro desinteresse por parte dos operários na incorreta colocação da base.

Quanto à qualidade do material cola e veda colocado como material isolante, para o mesmo se ter quebrado num curto espaço de tempo, apenas indica que a sua qualidade está abaixo do que era previsto, comprometendo outros componentes construtivos.

Uma possível explicação para a aplicação de material diferente do previsto é a inexistência do material determinado na obra, aquando da aplicação do mesmo e, como improviso, foi aplicado um material diferente.

Este tipo de situações retrata também a falha de controlo que existe, por parte dos supervisores, na execução de tarefas e a falha de verificação que existe em obra todo o material adequado e previamente definido, assim como a falha da consulta do projeto do empreendimento para conferir a correta aplicação dos elementos.

Ainda não é possível a comunicação dos custos que estão associados à intervenção em causa, nem do tempo ou mão de obra que é necessária, uma vez que a reclamação é bastante recente e tais dados ainda não foram processados ou calculados. No entanto, é estimado gastar aproximadamente noventa euros, incluindo o custo da mão de obra e dos materiais.

Como medidas de prevenção, o autor sugere o reforço do controlo por parte dos responsáveis pelas equipas de operários, pelo controlo da execução das tarefas e o controlo dos materiais que estão a ser usados em obra e, igualmente importante, os materiais que estão armazenados em obra para uso futuro.

A escolha adequada dos materiais é um fator importante na preservação dos elementos e no prolongamento da sua vida útil. É também importante consultar o projeto em caso de dúvida ou o contacto com os responsáveis da obra para garantir que tudo é realizado conforme o que está estipulado previamente.

Versão para discussão

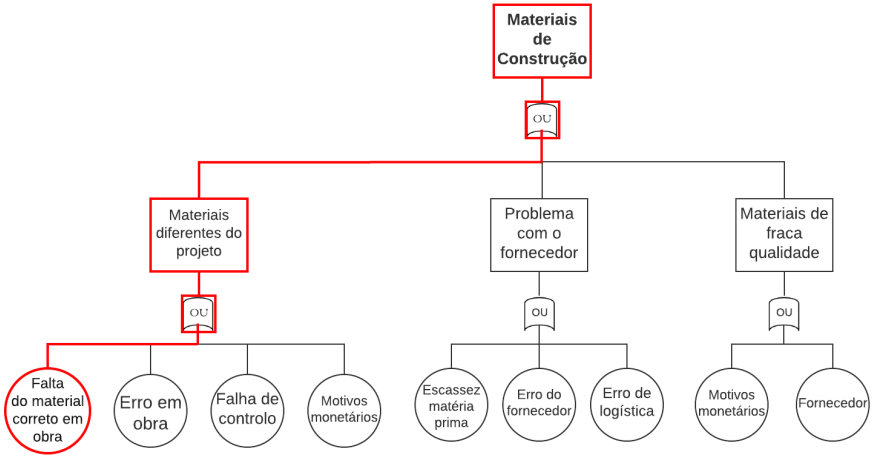


Fig. 5.6 – Exceto da Árvore de Falhas global com o caminho crítico destacado a vermelho.

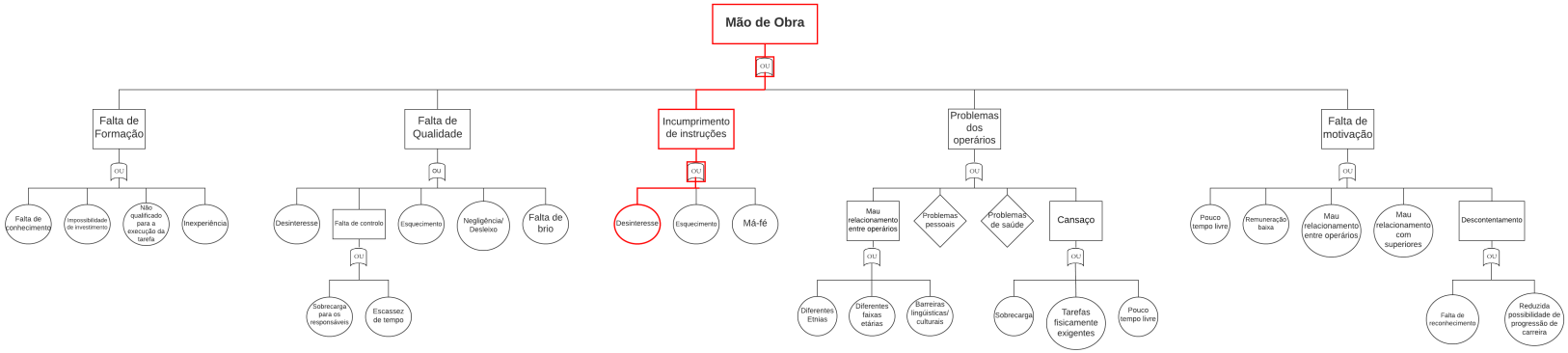


Fig. 5.7 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

5.6. CASO DE ESTUDO 5

Na situação do Caso de Estudo 5, conforme foi introduzido no capítulo anterior, foi verificada a fuga de água de um dos reservatórios de abastecimento de água do Centro Hospitalar. Esta anomalia foi verificada visualmente e determinou-se que a água escapava pelo fundo do reservatório.

Conforme mencionado acima, a anomalia estava bem visível pelo exterior do reservatório e foi possível determinar que a origem da fuga de água estava no incorreto barramento do fundo do reservatório e, dado que a rede do mesmo estava a mostra, apenas uma conclusão era possível tirar.

Se a rede colocada estava visível, significa que o material betuminoso não teve o tempo de cura necessário para que o mesmo pudesse ter a resistência requerida para que o reservatório cumpra o seu objetivo. Quando o material não cumpre o tempo de cura suficiente, quando se inseriu a água dentro do reservatório, a água danificou o barramento pois este não possuía a resistência física suficiente para reter toda a água dentro do reservatório.

Desta forma, o autor considera que a origem da anomalia registada é proveniente de um claro erro de execução da mão de obra, pois não procederam à correta aplicação do betão, nem esperaram pelo tempo necessário para que o betão curasse corretamente.

Assim, existem duas vias de analise da anomalia reportada, a má execução do operário e a falha de controlo. As figuras 5.8 e 5.9 representam as respetivas Árvores de Falhas, com os caminhos de falha destacados com a cor vermelha. Os dois caminhos de falha identificados são ambos categorizados como erros de Mão de Obra, pois tanto os Operários como os Encarregados enquadram-se nessa categoria.

Para a reparação desta anomalia, foi necessário proceder ao esvaziamento do reservatório, limpeza do interior do reservatório e a execução de reparação do barramento existente, garantido que o tempo de cura da nova aplicação é cumprido, garantido que a performance do reservatório não é comprometida.

Esta intervenção necessitou de dois operadores, que demoraram quatro dias a reparar o problema, sendo que é necessária a espera para a correta cura dos materiais aplicados, o que aumenta o intervalo de tempo necessário para o término completo de todas as intervenções.

Uma vez que os trabalhos ainda não foram iniciados, não foi possível obter um valor associado são custo das intervenções a realizar, pelo facto de ainda se encontrar nas fases iniciais do processo de assistência em garantia por parte da empresa construtora mas, no entanto, está estimado gastar aproximadamente novecentos euros na intervenção.

Como medidas de prevenção, é aconselhado reforçar a qualificação dos operários e assegurar que quem executa as tarefas tem experiencia na sua execução. Assim como é importante reforçar o controlo das tarefas após a sua execução e o respeito pelo tempo necessário à correta colocação dos materiais. Anomalias do género da presente no Caso de Estudo 5 são detetadas visualmente, o que implica que uma avaliação pós-execução visual da tarefa detetaria o erro, evitando intervenções no futuro.

É compreensível a sobrecarga de trabalhos que existe nos Encarregados e responsáveis em obra mas, no entanto, o controlo da qualidade da execução é sua responsabilidade, o que implica que erros de execução onde não existiu controlo é de igual culpa do responsável como é do operário.

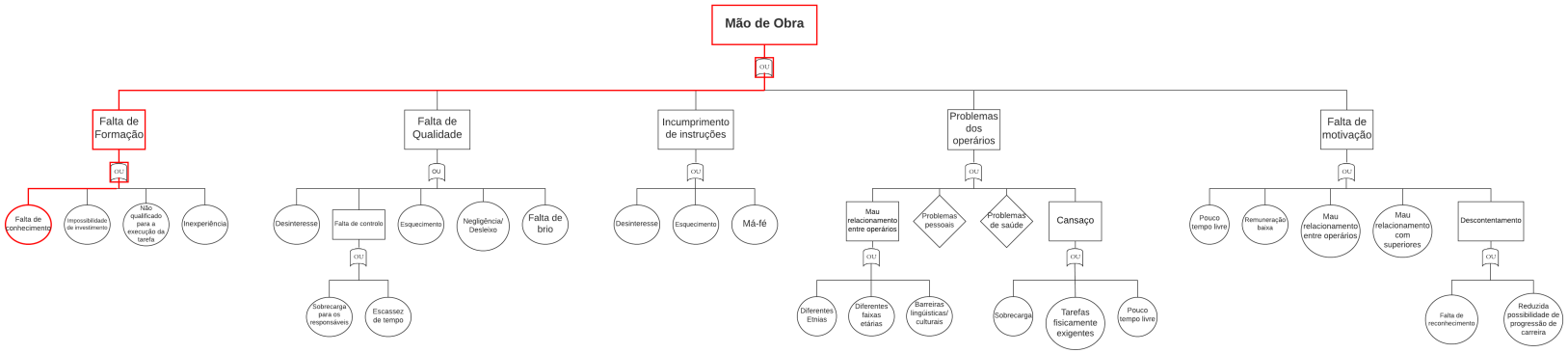


Fig. 5.8 - Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

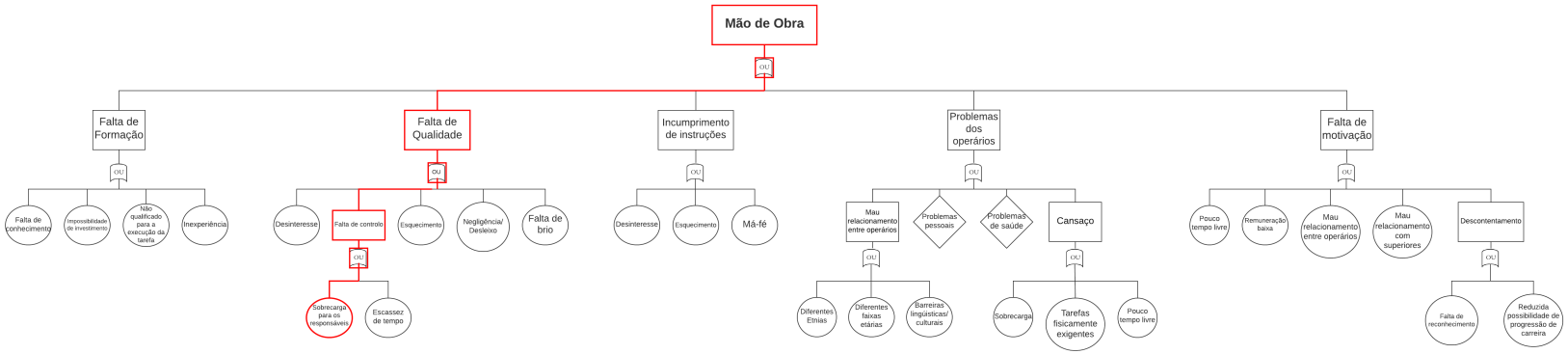


Fig. 5.9 - Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

5.7. CASO DE ESTUDO 6

O Caso de Estudo 6 localiza-se nas mesmas instalações que o Caso de Estudo 4, o Centro Hospitalar e a construção da nova UCI. Relembrando o mencionado acima, esta construção foi um verdadeiro desafio e sucesso para a Industria da Construção em Portugal, ao concluir o processo construtivo desta Unidade em apenas 90 dias.

Nesta situação, foi reportado o mal funcionamento de uma porta deslizante de acesso ao interior da UCI, mais precisamente onde se localizam as camas com doentes graves. Este assunto causou grande transtorno aos profissionais de saúde, pois os mesmos relataram que a porta não fechando completamente, compromete a saúde dos doentes graves, assim como a própria saúde de quem entrou nesta Unidade.

Após a análise dos técnicos e especialistas da empresa construtora à anomalia reportada, a conclusão era inevitável que o mal funcionamento da porta era devido aos choques e colisões no transporte de camas médicas, ao entrar e sair da secção da UCI. Casos de má utilização são relativamente recorrentes no processo de Assistência Pós-Venda, pois não se pode considerar que qualquer anomalia registada seja exclusivamente erro de projeto ou de execução ou de materiais. O utilizador tem um papel importante no processo, pois se a utilização da construção for negligente e descuidada, muitos problemas aparecerão.

Aplicando o método da FTA, é possível determinar que a causa do aparecimento da anomalia está na incorreta utilização do espaço e dos equipamentos da Unidade, onde o descuido no transporte e deslocação com camas médicas para o interior e exterior da UCI causou os impactos com a porta, comprometendo o seu correto funcionamento.

Assim, na Figura 5.10, é possível verificar o caminho de falha na Árvore de Falhas, aplicada ao Caso de Estudo 5.A entidade construtora não teve nenhum custo associado à reparação da anomalia, pois a mesma caracteriza-se como um desafinamento do funcionamento da porta e o ajuste da mesma recai sobre o fornecedor das portas, pois são os seus técnicos que estão capacitados de proceder ao afinamento da porta. Uma vez que a anomalia é causada pela má utilização por parte dos profissionais de saúde, a entidade construtora sentiu-se no dever de informar o Dono de Obra que tais erros nem sempre são responsabilidade da empresa construtora e que se o mesmo se continuar a verificar, a responsabilidade de reparação da porta e outros elementos que sejam causados por má utilização, é do Dono de Obra.

Como medidas de prevenção, a sugestão passa por informar os utilizadores da importância de ter cuidado com os equipamentos e com as instalações, da importância da preservação do estado dos equipamentos para garantir o seu correto funcionamento durante o mais longo período de tempo possível.

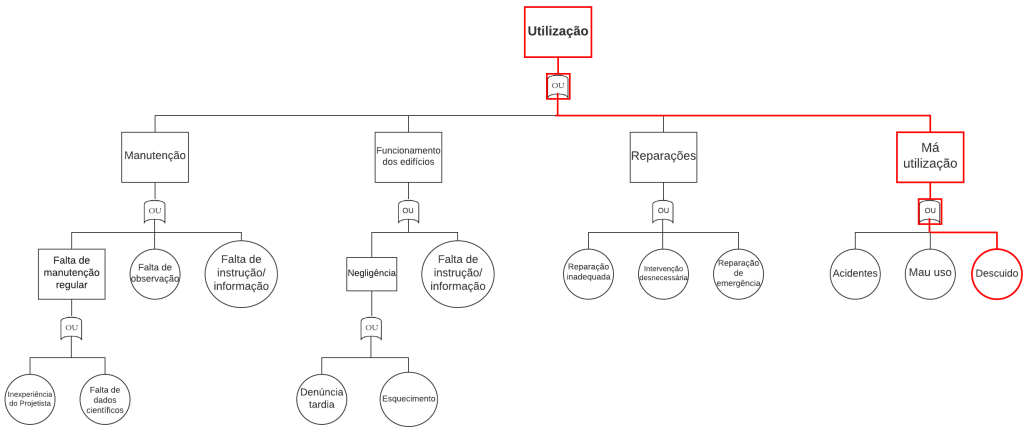


Fig. 5.10 - Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

5.8. CASO DE ESTUDO 7

O Caso de Estudo 7 recai sobre o universo dos edifícios de habitação multifamiliar. Neste Caso de Estudo, os utilizadores reportaram, junto dos responsáveis pela gestão do condomínio, a aparição de manchas e relevos no teto de uma casa de banho, sendo um índice da presença de água na parte superior do teto.

Após visita ao local por parte dos técnicos, foi confirmada a suspeita da existência de alguma fuga de água por cima do teto. Foram consultadas as plantas do apartamento e do edifício em geral para tentar analisar que tipo de tubagem passa por cima da casa de banho em questão. Para ser possível uma melhor análise, procedeu-se à abertura de algumas secções do teto, junto ao aparecimento das manchas.

Desta forma e após a execução do passo acima mencionado, foi possível verificar que por cima das machas passa a tubagem da exaustão dos duches das restantes casas de banho e também os tubos do sistema de AVAC do apartamento de cima.

Foi aí que o técnico reparou que, na junção do tubo horizontal com o tubo vertical de descida, não existia qualquer tipo de material vedante para evitar que água saísse da sua trajetória. De frisar que, a tubagem em questão transporta a água suja e em excesso do sistema AVAC e, para o seu propósito ser cumprido, é necessário que o tubo horizontal apresente um pequeno declive para garantir a descida da água.

Dada a informação fornecida, devido à falta de material vedante na junção dos tubos supra mencionados, a água sai pela junção, pingando no teto e criando machas e relevos. É importante salientar que os utilizadores do apartamento em causa tiveram sorte, uma vez que os utilizadores do apartamento superior são habitantes sazonais, não vivem diariamente nesse mesmo apartamento, o que implica a reduzida utilização do sistema AVAC, daí a quantidade de água ser reduzida e os problemas causados não serem de maior dimensão.

Como conclusão, é possível confirmar que se trata de um erro de execução por parte da mão de obra, semelhante ao Caso de Estudo 4. O que distingue o Caso de Estudo 6 do Caso de Estudo 6, na opinião do autor, está no facto de que estes tipos de instalações são colocados por especialistas da área, o que torna mais percetível a noção de que o problema se tratou de inexperiência do operário ou até mesmo desinteresse. As Figuras 5.11 e 5.12 demonstram as respetivas Árvores de Falhas, com os caminhos de falha realçados.

A intervenção teve inicio no mesmo dia em que foi determinada a origem da anomalia e foram necessários dois dias para reparar o problema e todas as consequências que dele geraram. A intervenção necessitou apenas de um operário, que colocou material vedante no elo de ligação dos dois tubos e colocou novo gesso cartonado nos locais onde foram feitas as aberturas e a pintura do teto. A intervenção teve um custo associado de aproximadamente cem euros.

Como medidas de prevenção, sugere-se novamente a atribuição de tarefas especificas a pessoal devidamente qualificado e competente, pois simples erros podem despertar problemas graves e tais erros podem ser perfeitamente evitados se houver mais controlo na execução e atribuição das tarefas.

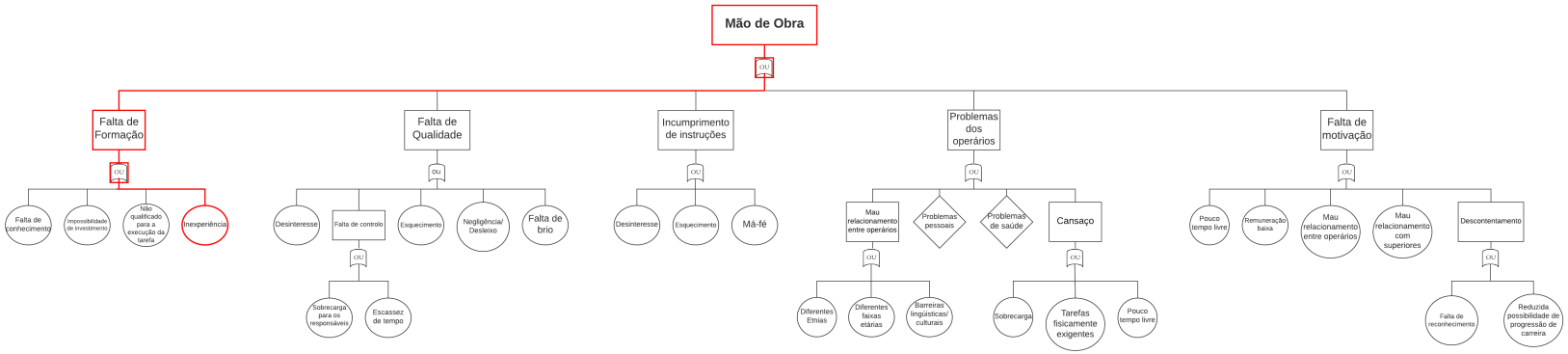


Fig. 5.11 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

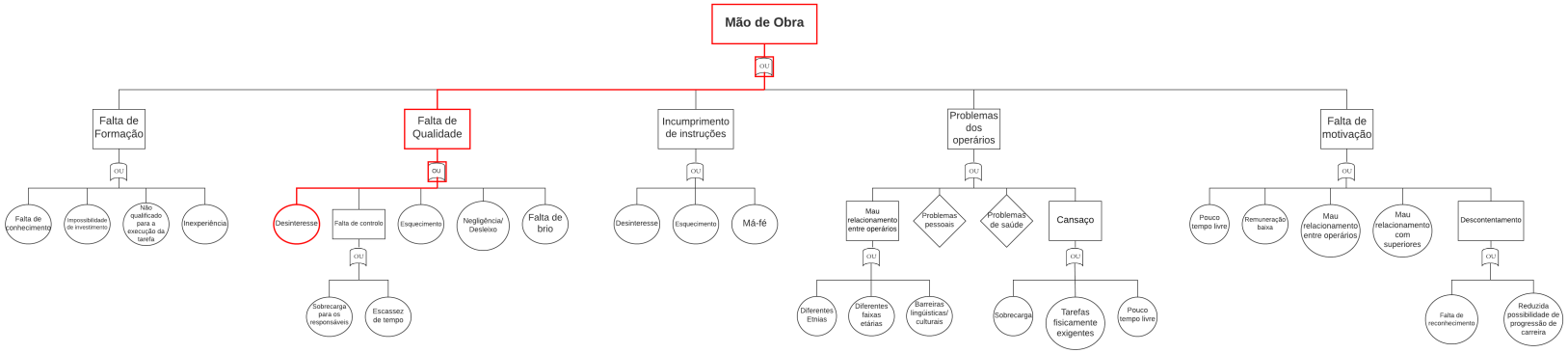


Fig. 5.12 - Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

5.9. CASO DE ESTUDO 8

Permanecendo no mesmo edifício do Caso de Estudo anterior, é analisada uma situação diferente. Os utilizadores reportaram junto da entidade construtora a existência de vários relevos no pavimento do hall de entrada do apartamento e a deformação do rodapé da parede na mesma localização. Por trás da parede em questão, está colocado o termoacumulador que providencia água quente para o apartamento.

Foi reportado também, por parte do utilizador, que um tubo do termoacumulador estava a pingar água, molhando os outros componentes e, por consequência, o pavimento, onde a água acumulava e tornava a sua limpeza uma tarefa complicada.

Após visita às instalações e a inspeção do equipamento em questão, foi necessário identificar o propósito do tubo que pingava, para tentar determinar onde deveria estar conectado. Os técnicos da empresa construtora não conseguiram determinar qual era o propósito do tubo, numa primeira impressão, pois não estavam familiarizados com a gama e o modelo do termoacumulador instalado.

Foi necessário identificar corretamente a gama do termoacumulador instalado, consultando os registos de obra e dos equipamentos instalados e a posterior consulta de fichas técnicas para tentar identificar o tubo. Assim, determinaram que o tubo em questão é a descarga da válvula de segurança. As instruções de segurança do fabricante explicitam que a descarga da válvula de segurança deve estar instalada de forma inclinada, desaguando num local de purga, isto é, num local correto e seguro.

Utilizando o método da Árvore de Falhas, esta anomalia tem clara origem na má execução dos técnicos de instalação do termoacumulador, uma vez que o apartamento em questão foi o único que reportou tais problemas. A origem pode estar no cansaço excessivo dos técnicos que, num edifício multifamiliar com trinta e cinco apartamentos, têm que instalar 35 termoacumuladores e respetivas ligações, o que é fisicamente exigente.

No entanto, dado que são técnicos que procedem à instalação dos equipamentos e se a instalação do equipamento estava defeituosa, negligência é uma possibilidade de consideração pois todos os restantes equipamentos estavam corretamente instalados. Desta forma, as Figuras 5.13 e 5.14 demonstram o caminho de falha realçado no respetivo excerto da Árvore de Falhas.

Esta intervenção ainda não foi realizada, pois foi reportada recentemente e ainda está a decorrer a análise dos termos de responsabilidade entre a empresa construtora e o fabricante do equipamento. No entanto, uma primeira análise à intervenção já foi realizada por parte da entidade construtora, onde determinaram que é necessário remover o equipamento, fazer a correta ligação do tubo de descarga da válvula de segurança a um local purgo, retirar o pavimento danificado e colocar um novo, assim como o ajuste e reparação da parede e rodapé afetados.

O custo associado não está determinado, pois trata-se de uma reclamação recente e ainda não foi realizado o estudo de custos e também está a ser realizado o estudo de responsabilidade, a determinar se a mesma recai sobre a entidade construtora ou a empresa que procedeu à instalação do equipamento.

Como medidas de prevenção, o autor sugere o reforço da necessidade de controlo por parte das equipas de Controlo de Qualidade/Fiscalização e das equipas responsáveis pelas instalações de equipamentos. Procedimentos que são realizados pelos técnicos vezes sem conta, é expectável que por vezes haja alguma falha. No entanto, a função dos responsáveis recai no controlo e supervisão das tarefas executadas e do profissionalismo dos seus operários.

Posto isto, é importante garantir a correta execução dos trabalhos e instalações, que todos os componentes dos equipamentos são corretamente instalados e que está tudo operacional e isento de erros.

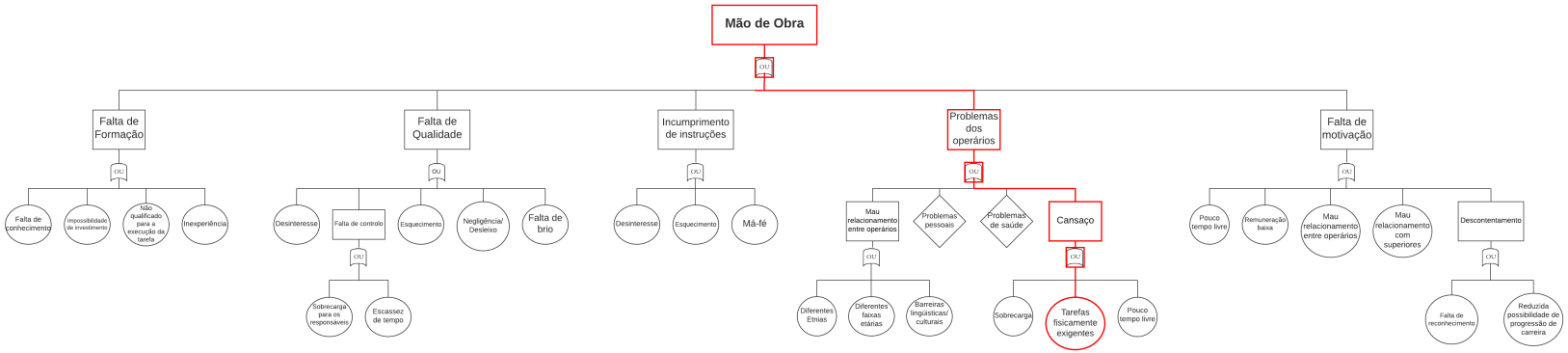


Fig. 5.13 - Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

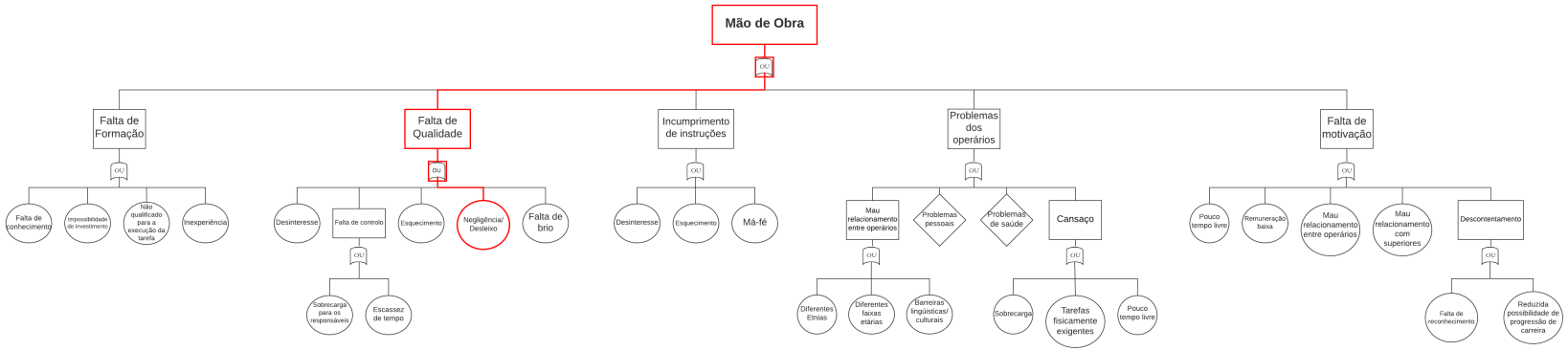


Fig. 5.14 - Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho

5.10. CASO DE ESTUDO 9

O presente Caso de Estudo recai na mesma tipologia de edifício dos Casos de Estudo anteriores, um edifício multifamiliar localizado em Lisboa. Foi reportado junto da equipa de APV da entidade construtora que era necessária a realização de manutenção dos equipamentos AVAC de um dos apartamentos do edifício.

Quando os técnicos de AVAC chegaram às instalações, o acesso aos equipamentos estava dificultado pelo facto de que o alçapão que guarda tais equipamentos era demasiado pequeno para se conseguir intervir. Os técnicos não tinham condições nem possibilidade de aceder a certas áreas dos equipamentos pois o espaço e a margem de acesso que tinham eram bastante reduzidos.

Desta forma, foi necessária a deslocação de um membro da equipa de APV para fazer a avaliação da reclamação processada e desde logo se verificou que, efetivamente, o alçapão era pequeno e estava mal dimensionado, pois não foi tido em conta o tamanho dos equipamentos nem o espaço necessário para as intervenções de manutenção.

Após consulta do projeto da obra, confirmou-se o diagnóstico de que se estava perante um erro de projeto. A Figura 5.15 demonstra a Árvore de Falhas correspondente ao sucedido, com o caminho de falha realçado a vermelho.

Neste Caso de Estudo, é possível considerar que tal erro se deve a um erro de cálculo, derivado da inexperiência do Projetista. O Projetista tem que estar ciente da dimensão dos equipamentos que são selecionados para instalar na obra e, como é o caso, verificar se o espaço onde são colocados tem bons acessos para se realizarem ações de manutenção ou de reparação, o que não foi o verificado no presente Caso de Estudo.

Para resolver a anomalia reportada, foi necessário recalcular as dimensões do alçapão a colocar no apartamento, de forma a que se resolva os problemas previamente mencionados. Um novo projetista ficou encarregue do dimensionamento e o fabrico do novo alçapão teve um custo de cem euros.

Esta intervenção necessitou de dois operários, que demoraram apenas um dia para retirar o alçapão antigo, fazer as alterações necessárias no teto da divisão, colocação do novo alçapão e nova pintura do teto. O custo total associado aos trabalhos realizados foi de sensivelmente trezentos euros, contabilizando a mão de obra e materiais.

Como medida de prevenção, é feita a sugestão da utilização de métodos de confirmação do projeto. Erros de cálculo, na sua maioria dos casos, podem ser evitados se existir a dupla confirmação do projeto, de pequenos aspetos que podem causar erros posteriores. Erros de projeto são algo comum de encontrar em anomalias registadas em fase de garantia, pois é um aspeto do processo construtivo que tem grande impacto e importância e depreende-se de que a sua execução é eficaz.

Mas erros acontecem e verificam-se e, desta forma, é recomendada a dupla verificação do projeto, assegurando que tudo está corretamente dimensionado e com menor margem de erro possível.

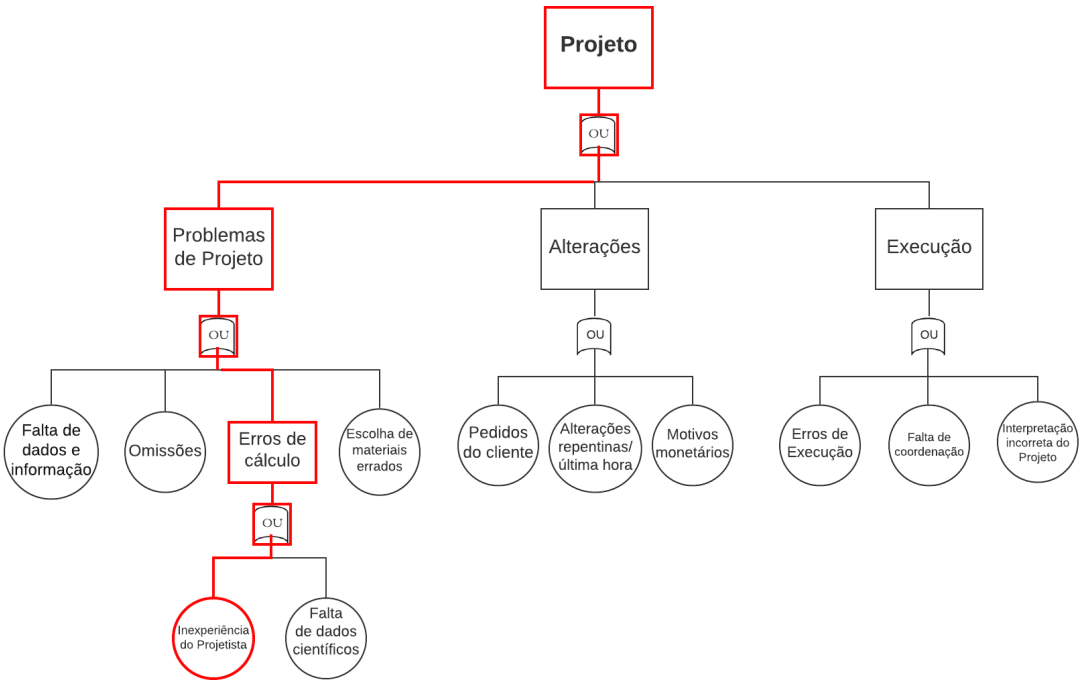


Fig. 5.15 - Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

5.11. CASO DE ESTUDO 10

No mesmo edifício do Caso de Estudo anterior, foi reportado à equipa de APV da entidade construtora a presença de água numa divisão de um dos apartamentos. Esta anomalia foi um extremo inconveniente pois a divisão teve que ficar completamente inutilizável. Este aspeto é das situações que mais complicadas de lidar para as equipas de APV, uma vez que é impedida a completa utilização de uma divisão de uma construção recente.

O presente Caso de Estudo relata o aparecimento de água num quarto, água esta que apenas se manifestava quando os vizinhos do andar superior usavam a mangueira no pátio, que se localiza imediatamente em cima do quarto em questão.

Para analisar a possível origem da anomalia, foi necessário levantar as ripas de madeiras que servem de pavimento do pátio, na tentativa de observar alguma não conformidade na estrutura, e foi aí que se verificou a presença de um furo na laje, que perfurava toda a sua espessura e era visível pelo piso de baixo, após a abertura do teto falso do quarto afetado. A Figura 4.14 do capítulo anterior elucida a não conformidade detetada.

Ao existir este furo, quando o pátio era lavado, a água não escoava toda para o ralo pois alguma quantidade era direcionada para o furo, o que inundava o teto do quarto e causava o aparecimento da água e o correspondente deterioramento dos componentes construtivos do apartamento de baixo.

Ao analisar a possível origem desta anomalia, o autor considera que a anomalia verificada está associada a um erro de Mão de Obra e que existem duas possíveis vias de pensamento. A primeira análise é baseada no desinteresse e até mesmo negligência dos operários, pois tal situação está bem visível e quando colocaram o pavimento exterior do pátio superior, seguramente que se depararam com o estado da laje e não foi reportado que tal se encontrava com uma anomalia e esta foi coberta com o pavimento.

Esta ação demonstra o desinteresse e negligência que os operários demonstraram ao não reportarem que tal anomalia existia e que pudesse ser reparada, prevenindo que os acontecimentos verificados ocorressem.

A segunda via de pensamento é fundamentada através de uma análise emocional dos operários. É possível assumir que tal não conformidade verificou-se devido ao estado emocional dos trabalhadores, ao sentirem descontentamento com a sua profissão e carreira, onde pode não haver reconhecimento pela qualidade do seu trabalho. Ou então, o descontentamento do operário pode estar derivado de o mesmo não sentir que existe possibilidade de progressão na sua carreira, estagnando o seu desenvolvimento e evolução.

Na opinião do autor, o mesmo considera que o estado emocional e psicológico dos operadores é de grande importância, pois a maneira como os mesmos se sentem influencia a execução dos trabalhos e tarefas. A mesma opinião é partilhada pelos investigadores (Hwang, Jebelli, Choi, Choi, & Lee, 2018) onde reportam que "*O estado emocional dos trabalhadores da Industria da Construção (p.e., prazer, descontentamento, entusiasmo e relaxamento) são conhecidos como fatores críticos que afetam a sua performance (p.e., segurança, saúde e produtividade)"* (Hwang et al., 2018)

Desta forma, o autor traça os dois possíveis caminhos de falha na Árvore de Falhas e demonstra os mesmos nas Figuras 5.16 e 5.17.

Para solucionar esta anomalia, foram necessários três operários, que necessitaram de levantar o pavimento exterior que estava a cobrir a anomalia, assim como a abertura do teto da divisão do apartamento de baixo.

Foi coberto o furo que existia na laje com betão, foi verificado se o sifão estava a funcionar corretamente, foi necessário recolocar o teto falso no local onde se abriu o mesmo, procedeu-se à pintura do teto e da parede do quarto que foram afetados, assim como a pintura exterior pois estavam visíveis inúmeras manchas.

Para concluir todas as tarefas acima mencionadas, foram necessários cinco dias de trabalho e com um custo associado de aproximadamente dois mil euros, contabilizando o custo da mão de obra e dos materiais necessários.

Como medidas de prevenção, é sugerido novamente a supervisão no término das tarefas realizadas em todo o processo construtivo. Esta medida é crucial na garantia da qualidade de execução da obra. Situações como a que está descrita no presente Caso de Estudo, podem ser facilmente prevenidas se existir mais controlo e supervisão por parte dos responsáveis e da equipa de Fiscalização.

Esta medida de prevenção é novamente proposta, pois o autor considera que o controlo da qualidade da execução das tarefas é de extrema importância, de enorme peso para o resultado final da construção e para a durabilidade dos componentes para a vida útil do edifício, previamente estipulada.

Versão para discussão

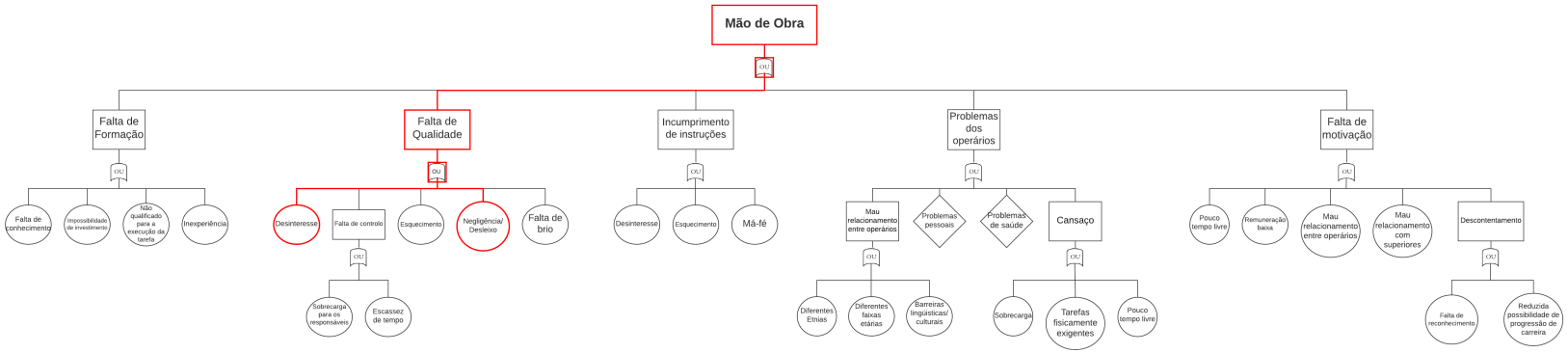


Fig. 5.16 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

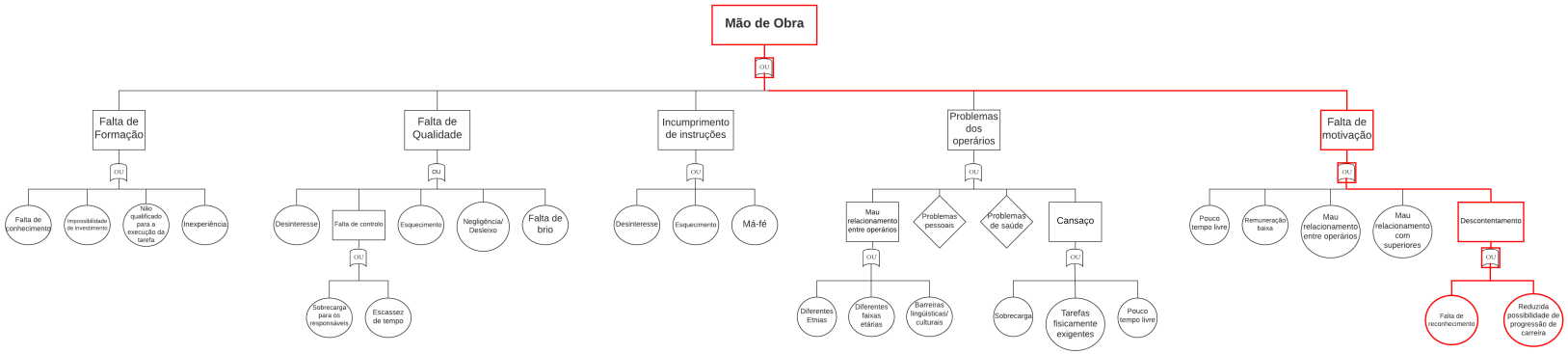


Fig. 5.17 - Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

5.12. CASO DE ESTUDO 11

Para a presente situação, é analisada uma reclamação processada por parte da gestão de um complexo hoteleiro de luxo, localizado na icónica Baixa da cidade do Porto. Foi reportado à equipa de APV da entidade construtora que, na sala das máquinas, existia uma fuga de água numa tubagem. Tubagem esta que pertence ao sistema de limpeza da água de abastecimento.

O hotel possui um sistema de limpeza da água de abastecimento, onde dois reservatórios com compostos químicos injetam tais compostos na circulação da água, limpando-a e a água procede para os reservatórios de abastecimento. Dada a presença dos compostos químicos na água, os técnicos da instalação informaram que a pressão interior da tubagem deve ser assegurada e essa mesma tubagem deve ser propriamente isolada, uma vez que a concentração dos compostos químicos é elevada e pode danificar a tubagem.

Aquando da visita ao local, foi verificado que existia uma válvula que não estava presa ao local devido, válvula esta que assegura a pressão interior da tubagem de circulação da água com os compostos químicos, e era esta situação que estava a causar a saída da água.

No local estava também um técnico da empresa que realizou a instalação dos equipamentos do sistema de limpeza da água. O técnico realizou uma avaliação do funcionamento do mesmo, cujo resultado foi negativo, isto é, que o sistema estava a funcionar corretamente. Quando se tentou colocar a válvula de controlo de pressão no seu correto local, a mesma não encaixava. Estava a faltar uma ferragem essencial para que a válvula fosse corretamente presa ao seu encaixe.

O técnico tentou realizar algumas possíveis alternativas, mas todas sem sucesso. Foram contactados os responsáveis pela colocação dos componentes e os mesmos responsabilizaram-se pela entrega da peça em falta. Dada a comunicação ter sido toda feita via telefone, quando tal peça necessária chegou às instalações, não era a mesma que tinha sido pedida. Ou seja, conclui-se que houve um claro erro na comunicação, o que resultou num maior atraso na resolução do problema, onde apenas era expectável que a intervenção demorasse cerca de uma hora e, na realidade, prolongou-se por toda a manhã até ao inicio da tarde.

Posto o cenário acima descrito, é de simples conclusão quais os caminhos de falha a seguir desde o Evento de Topo até à possível causa. A causa da saída dá agua da tubagem recai num erro de execução da empresa que instalou o sistema de abastecimento de água, pois não se assegurou que todos os componentes ao seu perfeito funcionamento estavam corretamente instalados. É possível assumir esquecimento por parte do operário, pois todos as válvulas estavam instaladas com exceção da válvula em questão.

É também possível analisar o processo de falha na resolução do problema, onde a mensagem foi mal interpretada ou, até mesmo, mal comunicada. Este erro de comunicação causou um atraso na conclusão da intervenção, causando transtorno ao funcionamento do hotel.

No entanto, esta intervenção não teve custos à empresa construtora, pelo facto de ter sido relacionada com a incorreta instalação de um equipamento realizada por uma empresa especialista nestes equipamentos e instalações.

Desta forma, o autor propõe dois caminhos de falha, presentes nas Figuras 5.18 e 5.19.

Versão para discussão

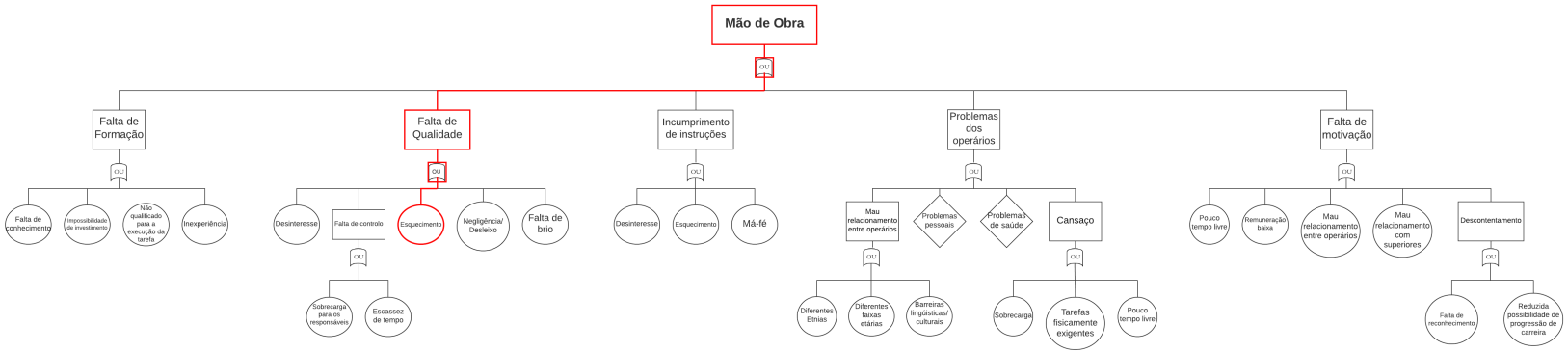


Fig. 5.18 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

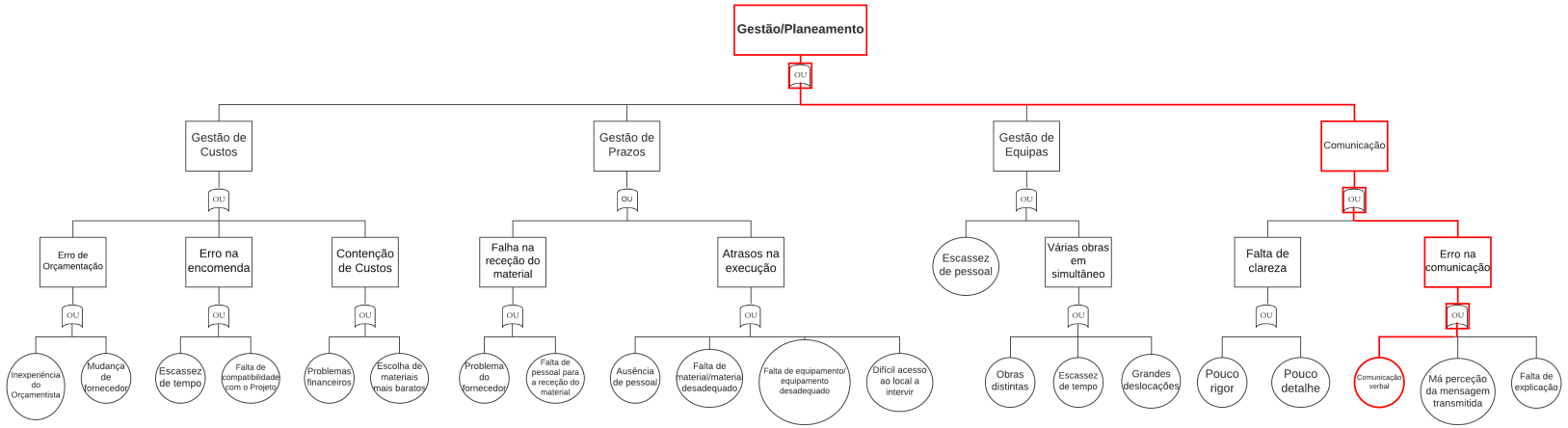


Fig. 5.19 - Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

Na opinião do autor, é igualmente importante considerar, não só as anomalias e erros prévios que resultam nos problemas registados em fase de garantia, mas também nos erros que surgem durante as intervenções de resolução. Erros desta natureza afetam de igual forma os Donos de Obra ou até mesmo os utilizadores, pois resultam em atrasos na resolução do problema e estes atrasos podem causar severas consequências para a utilização do complexo.

Como medidas de prevenção, é novamente sugerido o controlo e supervisão das tarefas executadas pelos técnicos, assim como a verificação do correto funcionamento dos sistemas. Na situação exposta neste caso de estudo, possivelmente poderia ter sido evitada esta intervenção se tivesse sido realizado um teste de funcionamento. Por vezes, nem sempre são realizados testes de funcionamento devido à pressão do tempo que é imposta aos técnicos para a conclusão da instalação dos equipamentos mas, no entanto, pode resultar na má execução das mesmas, levando ao aparecimento de não conformidades.

5.13. CASO DE ESTUDO 12

Consoante o que está exposto no capítulo prévio, este Caso de Estudo relata uma reclamação processada pelo Dono de Obra junto da equipa de APV da entidade construtora, onde indicavam que alguns dos focos de iluminação do deck da piscina interior do empreendimento hoteleiro, estavam embaciados e desconfiavam da presença de água por baixo dos focos.

Após a deslocação do técnico de APV às instalações e da remoção de vários focos do deck, foi verificado que de facto existe uma lâmina de água por baixo do pavimento, água esta que escorre pelo deck quando os utilizadores saem da piscina e essa mesma água penetra o pavimento e não é escoada propriamente. Como a água não está a ser escoada corretamente, a mesma acumula-se entre as ripas de suporte e o pavimento do deck e, ao evaporar, vai para o interior do foco e o mesmo fica com o vidro embaciado e reduz a eficácia do dispositivo de iluminação.

De forma a facilitar o escoamento da água presente no deck, as ripas de suporte ao pavimento e as tábuas de madeira que constituem o deck estão em orientações opostas (longitudinal e transversalmente) e as ripas de suporte devem ter um espaçamento a cada 3 centímetros de forma a que o escoamento da água presente no pavimento seja direto para o ponto mais baixo do espaço e corretamente enviado para o sistema de evacuação.

Assim, é possível concluir que a anomalia verificada deriva ou de um erro de projeto, onde não foi tido em conta o espaçamento previsto para facilitar o correto escoamento da água, ou então, se o Projeto efetivamente contabilizar o espaçamento necessário, trata-se de um erro de execução, onde não foi respeitado o que estava previsto e os operários não cumpriram as instruções.

Após consulta do Projeto de construção do empreendimento, de facto estava dimensionado e previsto a existência do espaçamento, o que imediatamente elimina a possibilidade de a anomalia ter origem num erro de Projeto. Assim, o autor conclui que se trata de um erro de execução por parte da mão de obra.

Após a análise FTA realizada pelo autor e considerando todos os aspetos possíveis, é plausível ter em consideração que tal anomalia e erro de execução teve como origem o incumprimento de instruções, presumivelmente por esquecimento ou desinteresse por parte do operário, uma vez que tal aspeto da execução estava previsto ser realizado e os supervisores e responsáveis estavam cientes dessa aplicação, mas também pode estar com origem na falta de qualidade devido à falta de controlo por parte dos mesmos supervisores. Assim, as Figuras 5.20 e 5.21 representam os caminhos de falha presentes nas Árvores de Falhas.

Versão para discussão

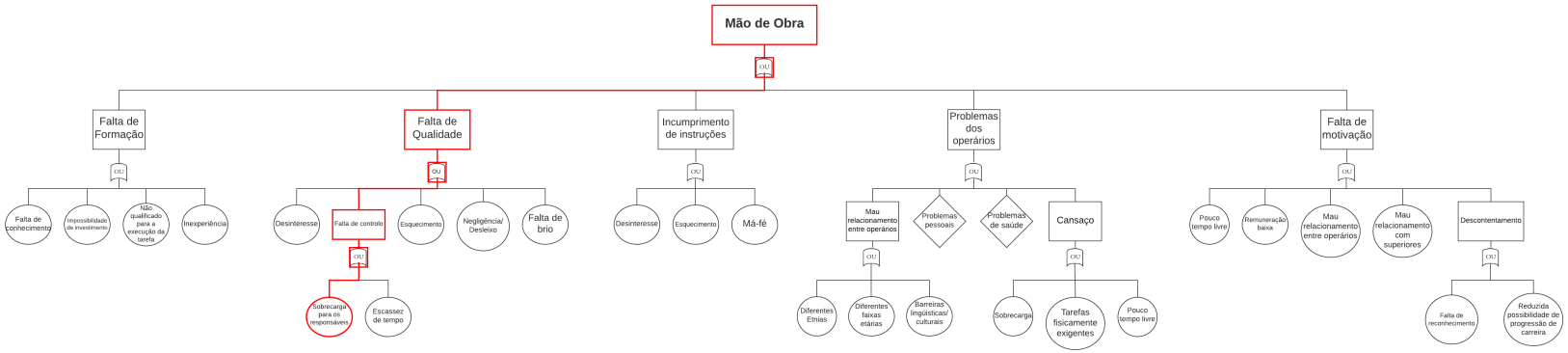


Fig. 5.20 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

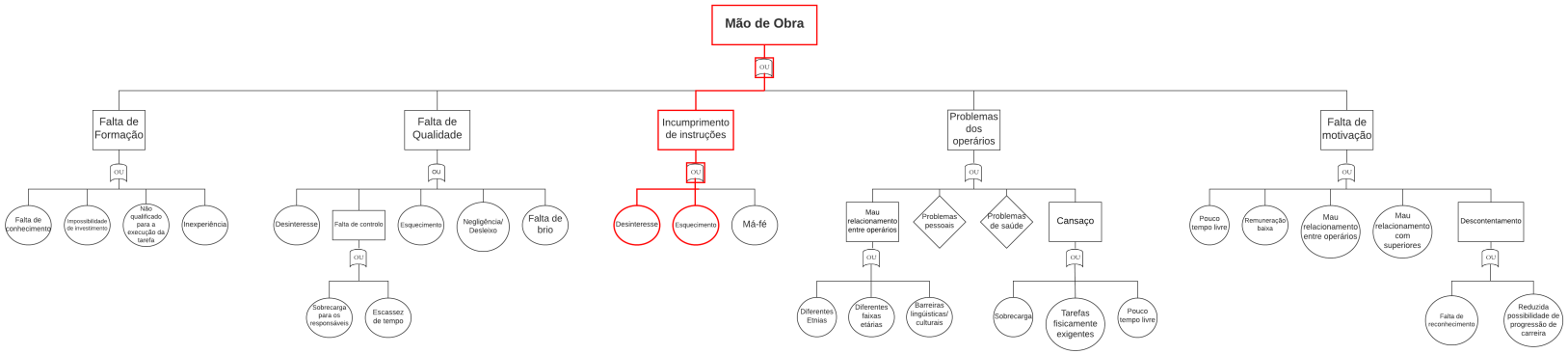


Fig. 5.21 - Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

A intervenção de reparação das anomalias ainda não teve começo, uma vez que a reclamação ainda é bastante recente e ainda não está agendado o inicio dos trabalhos. Tal intervenção irá ter um impacto negativo no funcionamento do empreendimento hoteleiro, uma vez que todo o pavimento do deck terá que ser recolocado de forma a conseguir assegurar o correto escoamento da água.

Dada a informação recolhida, não é possível apresentar custos de intervenção, quantidade de mão de obra ou do tempo necessário para terminar os trabalhos, pelo facto de ser necessário analisar se a intervenção está sobre a garantia do subempreiteiro ou não. No entanto, é estimado gastar cerca de quinhentos euros, com a duração de um dia de trabalho por parte do técnico de carpintaria e eletricista.

Como medidas de prevenção, o autor sugere novamente a garantia do controlo da execução dos trabalhos e o reforço da passagem e instrução dos operários para as tarefas a executar, dos pormenores e detalhes dos trabalhos. Esta sugestão pode ser um pouco difícil de alcançar, uma vez que muitas vezes a realização de tarefas semelhantes ao presente Caso de Estudo, são executadas por subempreiteiros, o que implica diferentes supervisores e responsáveis.

5.14. CASO DE ESTUDO 13

O presente Caso de Estudo relata uma reclamação processada pelo Dono de Obra, relativamente à construção de uma ponte rodoviária, sobre o Rio Dão, no troço Viseu-Coimbra do Itinerário Principal 3, onde foi relatado que havia um módulo da junta de dilatação da ponte que aparentemente estava a balançar aquando da passagem de veículos, especialmente veículos pesados.

Como nota introdutória, as Juntas de Dilatação são mecanismos de descontinuidade estrutural que apresentam a função básica de permitir a movimentação dos segmentos estruturais de forma independente (Cristelli, 2010).

As Juntas de Dilatação permitem a separação física entre duas partes de uma estrutura, com a finalidade de permitir a movimentação entre as mesmas sem que haja transmissão de esforços entre elas, conferindo assim flexibilidade sem que a funcionalidade e segurança sejam comprometidas (Ferreira, 2013).

Após análise da equipa de APV da entidade construtora, foi descoberto que os parafusos que seguravam o módulo ao elemento principal da junta de dilatação estavam partidos, o que logicamente implicou que o mesmo estivesse solto.

Para melhor perceção do problema, os técnicos da instalação das juntas de dilatação, juntamente com membros da equipa de APV, verificaram se mais algum módulo se encontrava no mesmo estado e se os parafusos que os suportavam era de igual qualidade, marca e resistência.

Posterior à avaliação realizada, conclui-se que de facto o módulo em questão tinha parafusos distintos dos restantes módulos, o que elucida que existem duas possibilidades de análise da origem da anomalia, a qualidade dos materiais e a mão de obra.

Na tentativa de compreensão do porquê de os técnicos de instalação das juntas de dilatação terem colocado parafusos diferentes, a conclusão obtida é de que porventura os parafusos corretos não estavam disponíveis na quantidade necessária e, para terminar a tarefa, foram colocados parafusos que à partida seriam semelhantes e demonstrariam a mesma resistência que os restantes. Tal não se verificou, uma vez que os parafusos partiram.

Outra possibilidade de análise do sucedido, é a perceção dos operários, quando se aperceberam da falta de material, não reportaram aos seus superiores para que fosse possível adquirir mais parafusos iguais aos restantes, garantido a correta performance do elemento. Este comportamento retrata a falta de

qualidade da mão de obra, com claros sinais de negligência e até mesmo falta de brio na execução dos trabalhos.

As Figuras 5.22 e 5.23 representam visualmente os caminhos de falha, presentes nos respetivos excertos da Árvore de Falhas Global.

Para reparar a anomalia registada foi necessário remover o módulo danificado e os respetivos remanescentes dos parafusos danificados, colocação dos corretos parafusos de suporte e a nova selagem do módulo ao tabuleiro da ponte. Esta intervenção requereu a mobilização e monotorização do trânsito, onde a circulação reduziu-se a apenas uma faixa de rodagem.

Uma vez que, conforme mencionado supra, foram técnicos especialistas que procederam à instalação das juntas, técnicos estes que estão ao serviço de um subempreiteiro. Posto esta informação, a entidade construtora não teve nenhum custo associado às intervenções pois tal situação recai sobre o subempreiteiro.

Como medidas de prevenção, o autor sugere o controlo e confirmação de que todos os materiais necessários à execução de determinada tarefa estão presentes em obra e nas quantidades necessárias, sempre considerando que erros de execução durante o processo de construção ocorrem, o que implica a necessidade de haver sempre material a mais para prevenir que se recorra a material alternativo. É sugerido também o reforço da informação transmitida aos operários de que quando se verifiquem tais situações como a do presente Caso de Estudo, que reportem aos seus superiores e responsáveis para que os mesmos possam concertar o problema e evitar que se evidenciem erros na fase pós construção.

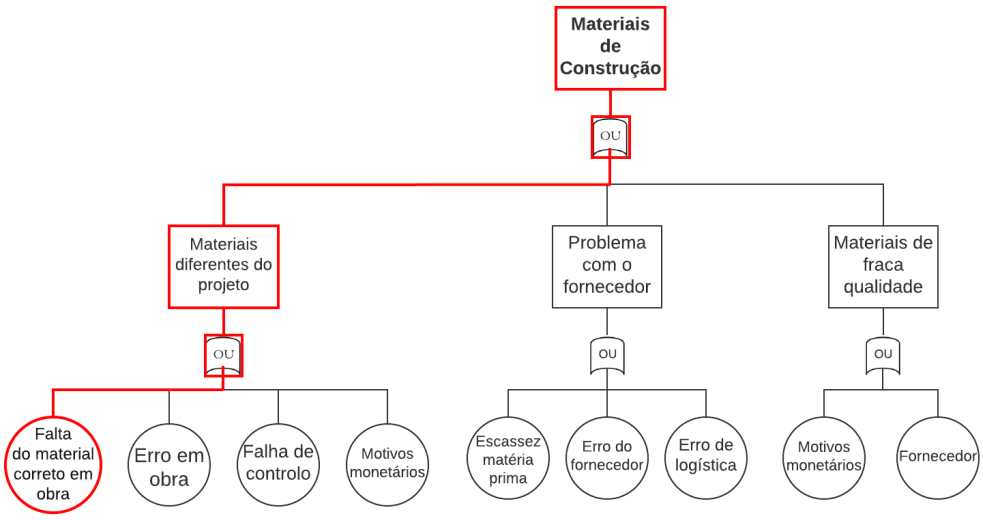


Fig. 5.22 – Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho.

Versão para discussão

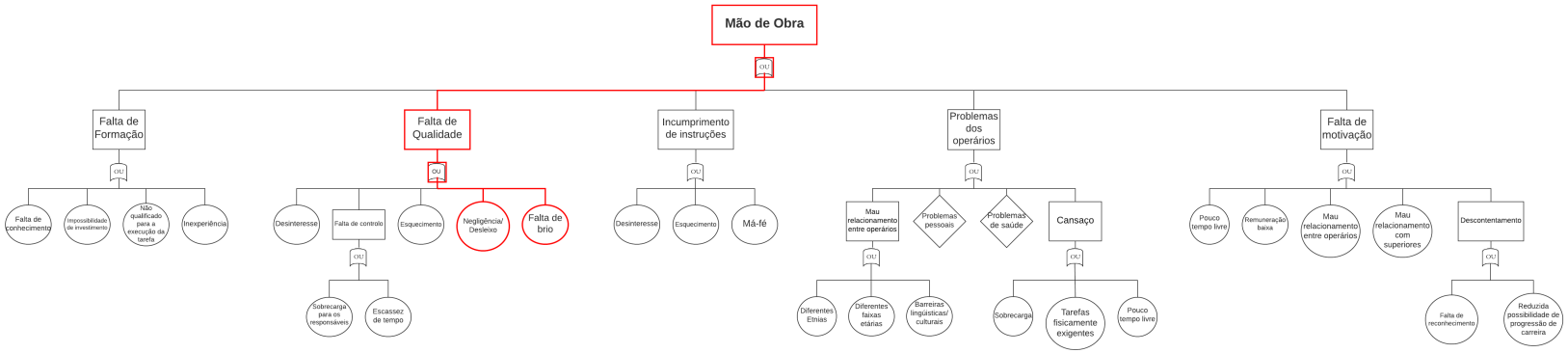


Fig. 5.23 - Excerto da Árvore de Falhas global com o caminho de falha destacado a vermelho

5.15. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Conforme é verificado na interpretação dos resultados apresentados previamente, é de fácil perceção que a generalidade das intervenções realizadas em fases de garantia dos edifícios e construções estão derivadas da má execução de tarefas por parte da Mão de Obra. A Figura 5.24 apresenta a distribuição percentual das principais grandes causas das anomalias reportadas nos Casos de Estudo da amostra.

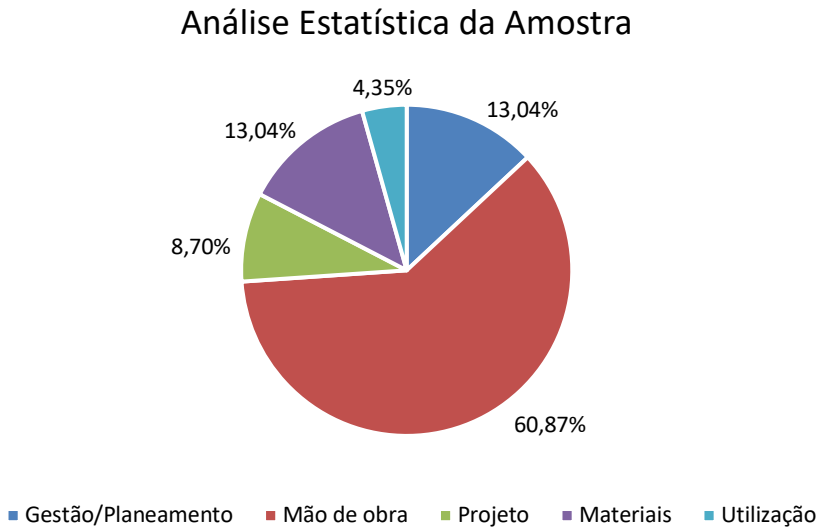


Fig. 5.24 – Análise estatística da amostra.

Dado o facto de que a amostra obtida para o presente documento é pequena, é bastante ténue a possibilidade de maior fundamento. Considera-se importante a representatividade da amostra, mas salienta-se a utilidade do método proposto.

Outra análise que o autor realiza centra-se no estudo das situações mais frequentes que foram verificadas ao longo do estudo e investigação dos Casos de Estudo dispensados.

Conforme demonstra a Figura 5.24, a Mão de Obra está na origem de mais de metade dos Casos de Estudo tratados, representando 60,87% da amostra, seguida das categorias Gestão/Planeamento e Materiais de Construção, empatadas por 13,04%. Traduzindo tais valores para a quantificação numérica, a Figura 5.25 elucida essa noção.

Como foi explicado previamente, a Árvore de Falhas planificada para o presente documento tinha como objetivo a inserção e consideração do maior número de causas possíveis para o aparecimento das anomalias reportadas.

Versão para discussão

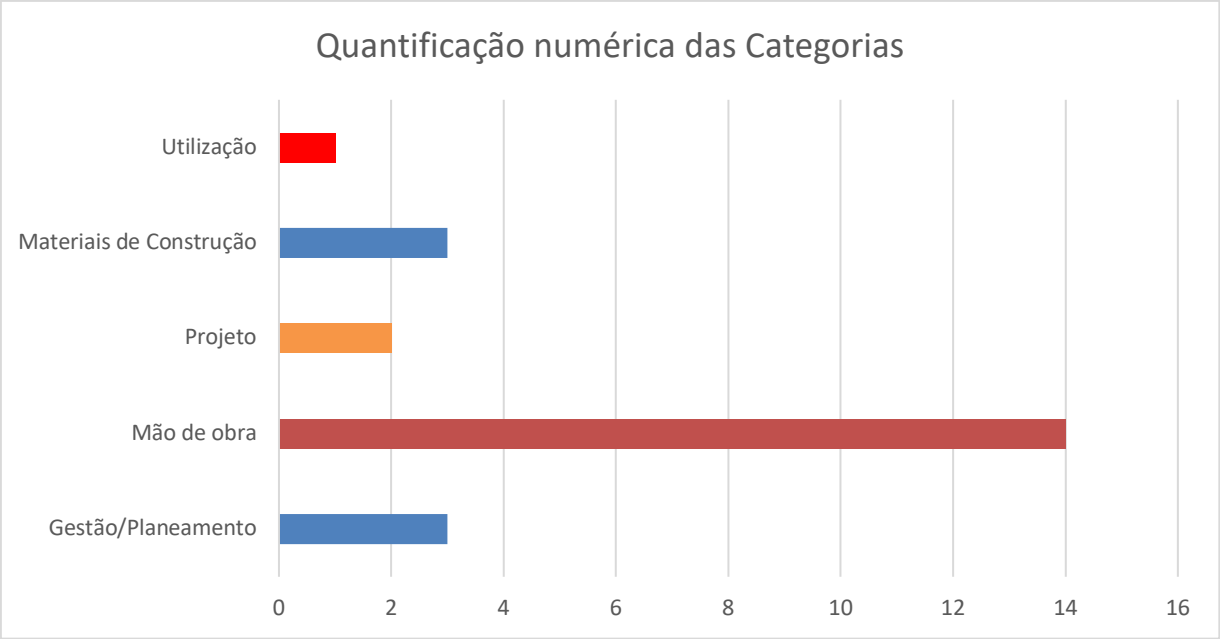


Fig. 5.25 – Quantificação numérica das Categorias.

Conforme demonstrado previamente, dentro de cada Categoria existem diferentes Eventos Básicos e Eventos Intermédios que completam cada excerto da Árvore de Falhas e, como é demonstrado ao longo da apresentação da aplicação do método científico utilizado no presente documento, existe um Evento Intermédio que se destaca pelo maior número de utilizações, sendo esse a Falta de Qualidade.

Analisando estatisticamente quais são os Eventos mais comuns da amostra, na primeira linha de Eventos são:

- Falta de Qualidade – 8
- Comunicação – 2
- Falta de Formação – 2
- Problemas dos operários – 1
- Gestão de Custos – 1

Analisando os resultados, os eventos de 1º nível presentes nas Árvores de Falhas desenhadas para a presente dissertação são no total 18 Eventos e as anomalias reportadas que derivam da Falta de Qualidade representam mais de um terço da amostra apresentada. Os valores acima mencionados estão relacionados com o número de vezes que tais eventos surgem, no total dos 23 Eventos utilizados.

Esta análise é preocupante, mas também elucidativa de onde se concentram a maioria dos problemas, o que facilita, de certa forma, a forma de ação das medidas de prevenção. A figura 5.26 representa graficamente estes valores assim como os valores respetivos dos Eventos da primeiro nível mais relevantes.

Versão para discussão

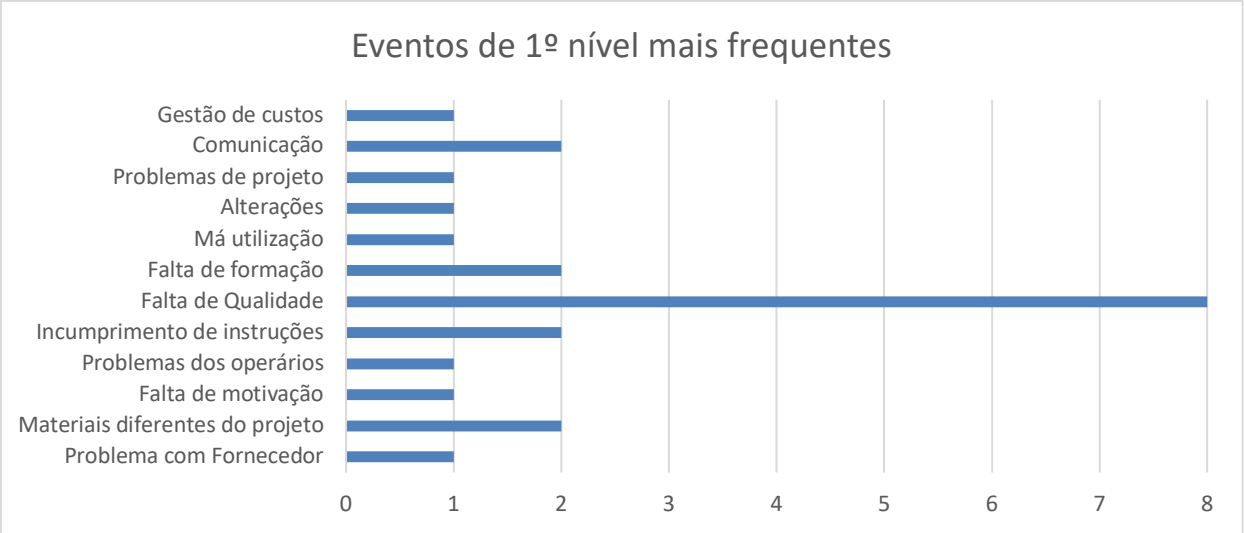


Fig. 5.26 – Representação gráfica dos Eventos de primeiro nível mais frequentes.

Analisando, também, as ramificações de cada Árvore de Falha, é onde se verifica efetivamente qual foi a causa remota da anomalia reportada. Conforme é possível verificar ao visualizar um excerto da Árvore de Falhas, existem mais Eventos Básicos e Eventos Intermédios à medida que é percorrido o caminho de falha, pois as opções se ramificam e diversificam, criando um leque de ação mais vasto e abrangente. Estatisticamente falando, é possível destacar algumas causas que apareceram mais frequentemente no desenvolvimento do presente documento, tais como:

1. Negligência/ Desleixo – 4
2. Desinteresse – 4
3. Sobrecarga para os responsáveis – 2
4. Falta do correto material em obra – 2
5. Comunicação verbal – 1
6. Descuido – 1
7. Falta de conhecimento – 1

Das Árvores de Falha criadas para a aplicação do método à amostra recolhida, determinaram-se 81 possíveis causas remotas, isto é, 81 Eventos que se encontram no final de cada FT. Na análise dos casso de estudo aglomerados, foram descobertas um total de 27 causas das 81 totais, sendo as mais comuns a Negligência/ Desleixo e o Desinteresse dos operários, aquando da realização das tarefas do processo construtivo, o que influencia o resultado final das mesmas e o impacto que tem na fase de garantia. A Figura 5.27 apresenta graficamente os valores acima mencionados, assim como outros Eventos de maior relevância. Não foi possível representar graficamente as 27 causas finais dos casos de estudo, por isso estão apenas representadas uma seleção das mesmas para facilitar a compreensão do gráfico.

Versão para discussão

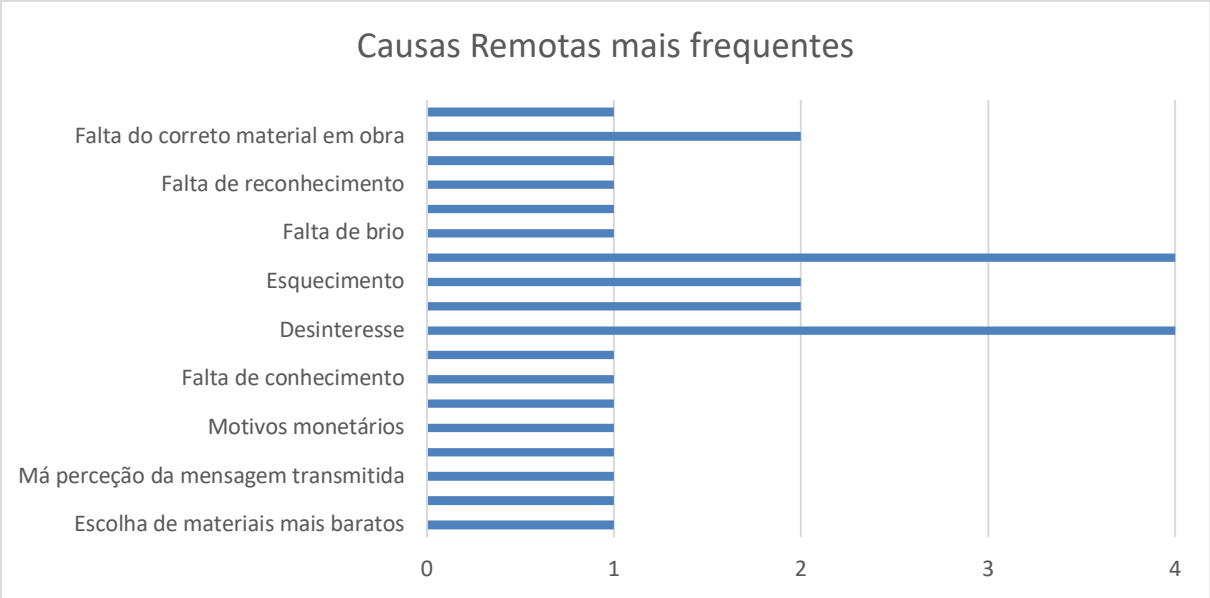


Fig. 5.27 – Representação gráfica das principais causas das anomalias.

De forma a conseguir representar visualmente os dados numéricos mencionados supra, o autor elabora uma FTA, onde os caminhos de falha apresentados são os caminhos de falha dos casos de estudo analisados no decorrer do Capítulo 5. A única diferença está no facto de que, nesta representação gráfica, os caminhos de falha têm diferentes espessuras de forma a distinguir os caminhos mais frequentes, isto é, quanto mais frequente for o caminho de falha, mais densa será a linha do caminho de falha que percorre. A Figura 5.28 demonstra a Árvore de Falhas introduzida.

Dada a grande dimensão da imagem, a mesma estará disponível no Anexo G do presente documento, a uma escala superior, do forma a facilitar a sua leitura e interpretação.



Fig. 5.28 – Árvore de Falhas com caminhos de falha mais frequentes. (Anexo A7)

É, de grande importância realçar novamente o aspeto mencionado previamente de que, dada o tamanho da amostra e a sua representatividade, os valores apresentados podem ser muito dispares dos valores obtidos num processo de investigação com uma amostra significativamente maior, havendo também mais Eventos Básicos e Intermédios, aumentando o leque de ação das causas das anomalias.

5.16. Análise de Custos

Um fator muito importante, não só do presente documento, mas para todo o departamento de Pós-Venda de uma empresa construtora é o custo associado às intervenções realizadas. Por vezes a entidade construtora não alberga qualquer responsabilidade, uma vez que há serviços específicos que são realizados por subempreiteiros. Assim, ao aparecimento de anomalias ou erros derivados da execução

Versão para discussão

dos trabalhos por esses subempreiteiros, a responsabilidade de reparação e os custos associados dependem dos mesmos.

Analisando os casos de estudo recolhidos, existem três casos cuja informação de custos não consta nos registos da empresa construtora, devido ao facto explicado anteriormente. Nas situações das anomalias dos casos de estudo 6, 11 e 13, os erros reportados estão relacionados com os trabalhos executados por entidades contratadas para a prestação de serviços específicos, onde os custos das intervenções são desconhecidos da empresa construtora e, subsequentemente, ao autor.

Os casos de Estudo 1 e 2 são os casos mais dispendiosos da amostra recolhida. Os custos de intervenção de ambos os casos estão na ordem das dezenas de milhares, dado o facto de que foram situações mais delicadas, que necessitaram de mais recursos, materiais e mão de obra.

A intervenção menos dispendiosa à empresa construtora está no caso de estudo 4, onde a intervenção foi ligeiramente simples de executar, assim como os custos dos materiais necessários serem reduzidos.

O Quadro 3 apresenta os custos associados aos casos de estudo apresentados.

Caso de Estudo	Custo (€)
Caso 1	25000
Caso 2	4000
Caso 3	30000
Caso 4	90
Caso 5	900
Caso 6	0
Caso 7	100
Caso 8	0
Caso 9	300
Caso 10	2000
Caso 11	0
Caso 12	500
Caso 13	0

Quadro 5.1 – Relação entre Casos de Estudo e os custos associados.

Com esta análise, interpreta-se que, em fase de garantia, é possível observar anomalias que geram intervenções rápidas e pouco dispendiosas, assim como intervenções demoradas e caras para a empresa. No entanto, despesas em fase de garantia é quase sempre uma certeza no processo construtivo mas, contudo, é das áreas que as empresas esperam ter menos despesa.

Menos despesa em intervenções em fase de garantia significa que a execução das tarefas durante a construção foram bem executadas e que a qualidade da construção está ao nível elevado que todas as empresas ambicionam alcançar.

Versão para discussão

5.17. MEDIDAS DE PREVENÇÃO

Por fim, é analisado o resumo das medidas de prevenção sugeridas pelo autor, ao longo da execução da presente dissertação.

No decorrer do atual capítulo, quando são expostos os resultados da aplicação do método científico escolhido, são sempre sugeridas medidas preventivas que, na opinião do autor, podem ajudar à redução do registo de anomalias reportadas na fase de garantia.

Conforme mostra a Figura 5.29, a medida "Aumento do controlo das tarefas pela Fiscalização/Supervisores" é a mais sugerida como prevenção aos erros detetados e reportados. É, de facto, um fator que muitas vezes falha no decorrer do processo de construção, devido à sobrecarga de tarefas e da pressão do tempo e os responsáveis caem no erro de confiar excessivamente nos operários e estes não executam as tarefas com a qualidade que é de esperar.

A segunda medida mais sugerida é o "Reforço da qualificação/instrução dos operários", onde por vezes um trabalhador não estar confortável com a execução de uma determinada tarefa, ou então pela escassez de mão de obra que se verifica nos últimos anos, não existem profissionais qualificados para a execução de procedimentos mais específicos que requerem mais conhecimento.

É compreensível que o investimento no conhecimento é um fator sensível e dispendioso, não só para os operários mas também para as empresas mas, no entanto, é uma medida positiva a adota no combate à falta de mão de obra e é uma tentativa de evitar maiores custos na contratação de subempreiteiros.

Por fim, a "Confirmação e controlo do material a utilizar" e a "Melhor transmissão da informação" ocupam a terceira posição das medidas preventivas sugeridas pelo autor. São dois tópicos que parecem apresentar pouca importância ou preocupação mas são bastante pertinentes de se cimentarem boas medidas.

A correta transmissão informação é um pilar fundamental para garantir que todos os intervenientes do processo construtivo, desde o projeto à execução, estão bem cientes e conscientes dos métodos a aplicar e das mensagens que têm de ser comunicadas, de forma a garantir a melhor performance de todos.

Transmissão de informação escrita ou por correio eletrónico são medidas elementares mas que, efetivamente comprovam a eficácia na receção da mesma informação, assim como também a possibilidade de consulta posterior no caso de dúvida ou incerteza.

Quanto ao material a utilizar, por vezes são feitas alterações repentinas ou inesperadas. Tais alterações podem ser por motivos económicos ou como solução para uma falha. Em dadas circunstâncias, estas alterações podem até resultar num curto prazo mas, no entanto, como não são soluções definitivas, as consequências vão ser visíveis mais tarde, tal como se verificou em dois casos de estudo da amostra recolhida.

Como nota conclusiva, na ótica do autor, é importante analisar cada caso como independente e perceber se as medidas de prevenção podem ser generalizadas. Como se viu no corrente capítulo, casos distintos resultam na sugestão de medidas preventivas semelhantes.

Compreensível está que nem sempre é fácil de implementar certos procedimentos de prevenção, por diversos motivos, mas são situações onde o investimento tem retorno na qualidade da construção e na possível redução de custos em fase de garantia.

Versão para discussão

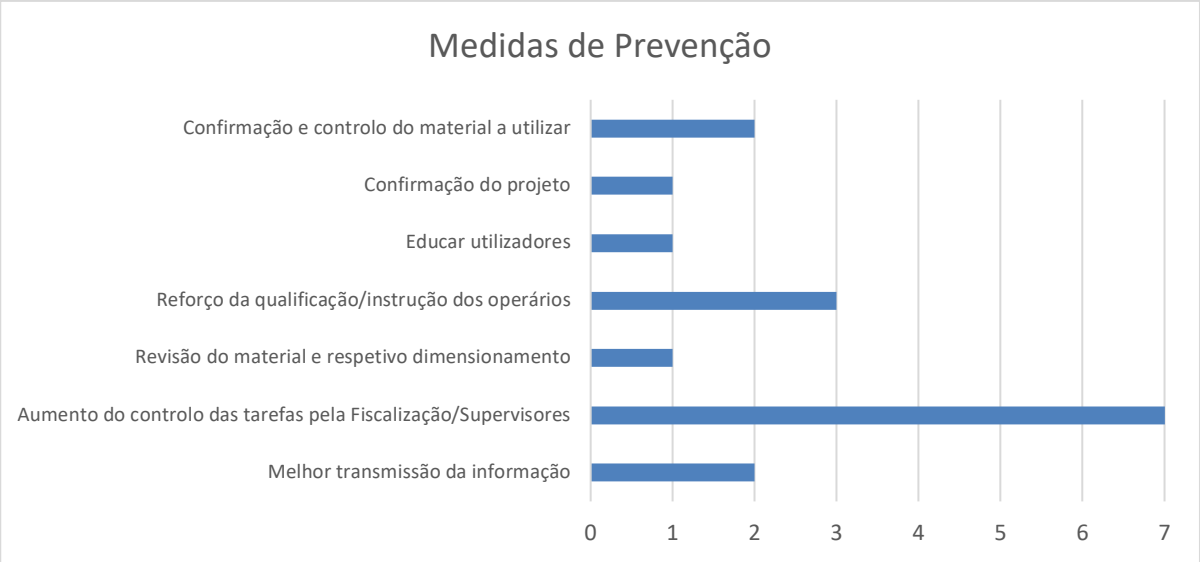


Fig. 5.29 – Gráfico das medidas de prevenção.

Versão para discussão

6
CONCLUSÃO

Neste capítulo apresenta-se a conclusão do presente trabalho, onde se expõe uma breve síntese dos capítulos que o compõem, assim como a resposta às questões de investigação introduzidas no primeiro Capítulo. Questões estas que podem ser corroboradas ou mesmo rejeitadas, consoante as conclusões obtidas da aplicação do método de estudo para os casos reais abordados.

6.1. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO

Conforme exposto no primeiro capítulo, o autor colocou quatro perguntas como sendo fundamentais para todo o desenvolvimento do processo de investigação. Neste capítulo, após todo o estudo realizado sobre os casos reais e todo o conhecimento obtido, é possível responder a tais perguntas.

- Qual o impacto das causas remotas das anomalias durante a fase de garantia?

Como qualquer situação, quando o trabalho original apresenta erros, a probabilidade de aparecimento ou manifestação de anomalias após o inicio da utilização é algo significativa, o que inevitavelmente leva à conclusão de que a qualidade de execução é determinante para a qualidade da performance que apresenta.

No caso da Industria da Construção e nos casos de estudo reunidos, o facto de haver falta de mão de obra qualificada e de as empresas recorrerem à necessidade da contratação de subempreiteiros, implica que o controlo da qualidade de execução das tarefas do processo construtivo é reduzido, o que leva ao maior aparecimento de anomalias verificadas em fase de garantia.

Reforçando a reposta à pergunta colocada, analisa-se a relação dos casos de estudo com os respetivos custos. O impacto monetário que as intervenções apresentam pode ser elevado, como são as situações dos casos de estudo 1 e 3, onde o custo está nas dezenas de milhares de euros. Nem todas as empresas são capazes de suportar tais custos de intervenções pós-construção.

Mas também se verifica o contrário, onde existem intervenções com reduzidos custos ou até mesmo nenhuns, quando a responsabilidade do aparecimento da anomalia advém de erros de execução de subempreiteiros.

- Há ou não procedimentos sistemáticos comuns que levam ao aparecimento de anomalias na construção em fase de garantia?

Após o estudo realizado, é possível responder que de facto existem procedimentos comuns durante a fase de construção que, em fase de garantia, resultam no aparecimento de anomalias e/ou patologias. É dado como exemplo, quando o operário apresenta desinteresse pela tarefa que está incumbido de realizar, a qualidade da execução vai ser inferior comparativamente com o cenário oposto, onde o operário está motivado e interessado pela tarefa.

Tais procedimentos não se verificam apenas na Mão de Obra, mas em todas as categorias que compõe o processo construtivo. Apesar de a amostra dispensada ser algo reduzida, são demonstrados casos onde as anomalias provêm de erros de gestão ou administração, por exemplo.

Conforme está representado na Figura 5.25, diversos procedimentos das diversas categorias provocam o aparecimento de anomalias na fase de garantia. Claro está que existe uma clara disparidade na mão de obra como categoria com mais impacto nas anomalias reportadas mas todas as outras têm o seu peso na avaliação.

Assim, conclui-se que todo o processo de construção é suscetível a erros e não conformidades, pois está diretamente dependente da execução humana dos intervenientes, em todas as fases. No entanto, é possível contornar alguns erros e corrigir procedimentos para que se reduzam as anomalias reportadas, na fase pós-construção.

- Há ou não causas sistemáticas comuns a várias anomalias?

A resposta a esta questão é algo direta, pois após o estudo das situações apresentadas, conclui-se que há várias anomalias distintas que têm causas semelhantes. Existem situações com histórias distintas mas que, no entanto, a causa inerente é comum.

É algo compreensível o facto de existirem causas comuns a diversas anomalias, uma vez que existe um vasto de leque de consequências que uma mera ação pode despertar. Ações essas que podem ser tão banais como a alteração do tipo de parafuso a colocar numa junta de dilatação, por exemplo.

Como mostra a Figura 5.27, existem várias causas comuns em diversos casos de estudo. Por exemplo, a causa "Falta do correto material em obra" aparece 2 vezes no total das 27 causas base, o que representa 7,41% da amostra.

Se for possível garantir que todo o material necessário, e mais algum material de prevenção, à execução da tarefa em causa durante a fase de construção, é possível evitar o aparecimento de anomalias em fase de garantia, promovendo a qualidade da construção e reduzindo custos pós-construção.

- É ou não possível evitar várias anomalias, eliminando uma única causa remota?

Conforme a informação dispensada nos capítulos prévios, há diversas anomalias que advêm de uma única causa remota, como a Falta de Qualidade por exemplo. Se o controlo da qualidade for aumentado, é possível prever a redução de anomalias causadas por esta causa. Não será completamente erradicada pois é uma atividade que depende da atividade humana, ou seja, incontrolável e imprevisível.

É possível responder à presente questão através da interpretação do Quadro 3 e da Figura 5.29 do capítulo prévio, onde são apresentadas graficamente as medidas de prevenção mais sugeridas e os custos associados a cada caso de estudo.

Analisando as medidas de prevenção, existem medidas sugeridas que são francamente fáceis de aplicar, na medida em que requerem pouco tempo para a sua execução e podem evitar que se registem erros na fase de pós-construção. Se forem aplicadas medidas de prevenção de anomalias reportadas na fase de garantia à execução de tarefas durante o processo da construção, é um bom caminho para assegurar que não se verificarão erros posteriormente à conclusão do projeto.

No entanto, na opinião do autor não é possível garantir por completo que eliminando uma causa que se podem evitar diversas anomalias, uma vez que estas podem advir de diversas origens. É possível eliminar uma causa remota mas, no entanto, outra causa provocar o mesmo acontecimento ou semelhante.

Assim, é possível evitar o aparecimento de anomalias eliminando uma causa remota mas, no entanto, não implica que as anomalias sejam erradicadas.

6.2. RESUMO DOS CAPÍTULOS

No primeiro capítulo foi feita uma introdução e enquadramento do tema em estudo e da necessidade de investigação sobre as anomalias registadas em fase de garantia das construções. É abordado também o método científico no qual se baseia a presente dissertação, assim como a problemática em causa.

No capítulo segundo, é apresentada a Bibliometria consultada no processo de investigação onde, conforme está mencionado no mesmo capítulo, nem todos os documentos foram utilizados pois a sua importância se demonstrou inútil para o desenvolvimento do tema. Dos documentos mencionados, o autor destaca alguns pela sua importância, sendo eles:

- *Posthandover housing defects: Sources and origins*, dos autores Núria Forcada, Marcel Macarulla, Marta Gangolells, Miquel Casals, Alba Fuertes e Xavier Roca.
- A Importância do Registo de Reclamações, das Ações de Manutenção e Reabilitação Corrente e dos seus Custos na Gestão de Condomínios de Edifícios Correntes de Habitação Coletiva, dos autores Vitorino Neves, José Silva e Anabela Paiva.
- *Fault Tree Handbook with Aerospace Applications*, dos autores Michael Stamatelatos, William Veseley, Joanne Dugan, Joseph Fragola, Joseph Minarick II e Jan Railsback.
- Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios, dos autores Alice Tavares, Aníbal Costa e Humberto Varum.

Complementando a informação da Bibliometria, é apresentado o Estado de Arte, expondo os principais conceitos que estão inerentes ao tema a desenvolver, como o conceito de Qualidade e Manutenção, assim como os principais métodos científicos utilizados na área para o estudo de situações semelhantes, como a APO – Avaliação Pós-Ocupação ou o método FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*.

No terceiro capítulo é abordado o método científico escolhido pelo autor para aplicar aos casos de estudo reais, a Árvore de Falhas. Neste capítulo é explicado o método em detalhe, o modo de construção, os seus elementos e também o modo de aplicação do método.

Além desta informação, são apresentados os excertos da Árvore de Falhas global criada pelo autor, referentes às principais categorias da construção que se entendem como fulcrais no processo de triagem de informação, sendo elas a Gestão/ Planeamento, o Projeto, a Utilização, a Mão de Obra e os Materiais de Construção.

O capítulo quarto introduz os casos de estudo, reais, disponibilizados pela empresa de acolhimento, os mesmos casos de estudo estão organizados pelas obras em que se inserem. O autor realiza uma breve

introdução das obras, apresentando contexto e a situação, assim como a breve descrição e introdução dos casos de estudo das anomalias reportadas nessas mesmas obras.

No quinto capítulo, é aplicado o método científico da Árvore de Falhas aos casos de estudo recolhidos e apresentados. Neste capítulo, o autor procede a uma apresentação mais detalhada da anomalia reportada, o processo de triagem para a descoberta da causa remota, o procedimento de reparação, assim como os seus custos associados e a duração das intervenções. São introduzidas também as Árvores de Falhas, destacando o caminho crítico percorrido até a determinação da causa remota.

Por fim, são sugeridas algumas medidas de prevenção para que se evite que anomalias e patologias semelhantes se voltem a verificar noutras ocasiões, assim como a análise estatística dos resultados, das causas mais frequentes e quais as categorias da construção que causam mais problemas em edifícios em fase de garantia.

6.3. DIFICULDADES SENTIDAS

Nos dias que correm, todo o mundo enfrenta um desafio constante, face à pandemia que decorre. Esta situação obrigou a extremas alterações no âmbito laboral e operacional, e a Indústria da Construção não foi exceção.

Os fatores tempo de estudo e número de casos foram bastante condicionantes, uma vez que o tempo de execução e redação da presente dissertação foi escasso e, idealmente, com o objetivo de solidificar e estabelecer os conceitos transmitidos, seria necessária uma investigação mais prolongada e com mais Casos de Estudo, mais exemplos, de forma a que a amostra fosse o mais vasta e diversificada possível, sedimentando os conceitos e o método de estudo.

A pandemia forçou a enormes alterações em todo o processo construtivo, onde se instalaram limitações nas visitas e deslocações aos locais em intervenção, redução de contactos pessoais com pessoal e técnicos, entre outros fatores.

Apesar do facto de a presente dissertação ter sido realizada em ambiente laboral, o que permite obter uma diferente visão e interpretação do quotidiano na Indústria da Construção, este facto obriga a alguma supervisão mais contínua por parte dos membros da empresa acolhedora e, devido ao volume de trabalho que a empresa tem, nem sempre é possível de prestar tal supervisão, o que por vezes não acontece, comprometendo a correta interpretação das situações ou mesmo a aquisição do correto conhecimento.

Por fim, é de referir que toda a informação obtida sobre os casos de estudo é pode ser considerada como sensível, na medida em que são expostas situações relacionadas com a qualidade da construção das empresas, pois pode ter impactos negativos na imagem da empresa.

Claramente que o documento redigido não é elaborado com esse propósito nocivo mas, no entanto, foi uma dificuldade sentida na obtenção de informação.

6.4. PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

Após o termino da elaboração da presente dissertação, é possível inferir que ficou concluída a primeira abordagem à temática da Assistência em Fase de Garantia e todo o conhecimento abordado suscitou novas questões sobre esta vertente da Indústria da Construção.

Mas, o entanto, existe também muito mais informação que pode ser recolhida, tratada e explorada.

Primeiramente, a maioria dos estudos realizados acerca do tema em causa, sugere e utiliza um ou vários métodos científicos, onde foi previamente comprovada a sua veracidade e utilidade. Métodos científicos

Versão para discussão

são desenvolvidos e constantemente aperfeiçoados, de forma a que tais métodos possam estar sempre ao corrente das necessidades da Indústria.

É importante uma utilização recorrente destes métodos, pois é possível de facilitar a análise e determinação das causas remotas do aparecimento e/ou manifestação de anomalias, não exclusivamente para situações em fase de garantia, mas mesmo durante o processo construtivo.

Dada a evolução da era tecnológica e todos os avanços que são apresentados na área da ciência e tecnologia, cada vez mais as empresas recorrem a recursos eletrónicos para responder as suas demandas e necessidades.

Assim, a criação de uma plataforma digital onde é exposta a informação das não conformidades e anomalias que são detetadas, tal como as suas intervenções e diagnósticos, para que possam ser consultados futuramente, quando necessário, para a resolução de situações semelhantes ou, até mesmo para a consulta aquando do decorrer do processo construtivo, melhorando a qualidade de execução e até mesmo a produtividade das empresas.

Por fim, sugere-se uma análise Benchmarking com elevado interesse e utilidade como metodologia de análise comparativa das anomalias reportadas em edifícios em fase de garantia.

Como nota introdutória, uma análise Benchmarking é definida como o estudo de um produto ou empresa da competição, com vista a melhorar a performance da sua empresa. Isto é, trata-se de um método comparativo, onde são recolhidas informações de outras empresas e são comparadas com a informação da empresa em estudo, com vista a melhorar e superar a competição.

Assim, é possível entender a utilidade que esta análise pode apresentar, na medida em que, ao agrupar diversa informação de outras empresas de construção, informação essa que pode variar entre os custos das intervenções, a quantidade de pessoal que é necessária por intervenção, a duração das intervenções, o intervalo de tempo necessário até à descoberta das causas remotas, as próprias anomalias detetadas, entre outras várias opções das quais se pode complementar a análise.

A realização de um Benchmarking especifico à fase de garantia de edifícios pode se demonstrar benéfico para as empresas, não só para a empresa que desenvolver a análise, uma vez que tal informação se tornará pública e de acesso total, permitindo que as empresas respondam da maneira que melhor entenderem que as ajuda na procura de melhores resultados e performances.

Claro que é necessário considerar que nem todas as empresas podem apresentar interesse na participação desta análise, uma vez que implica a partilha de informação sensível e privada e, até mesmo, a perda de reputação com a possibilidade de resultados inferiores ao expectável mas, no entanto, esta análise representa grande utilidade para melhorar a performance das empresas.

BIBLIOGRAFIA

Decreto-Lei n.o 18/2008 - Diário da República n.o 20/2008, Série I, (2008).

ISO 15686-1 - Buildings and constructed assets — Service life planning —Part 1: General principles, (2000).

Alves, M. D., & Costa, J. M. d. (2004). *Estratégia de gestão de obras de arte baseada numa análise de risco segundo a FMEA*. Paper presented at the Congresso Nacional da Construção.

Azevedo, I. J. M. d. S. (2016). *Análise Comportamental de Edifícios em Prazo de Garantia – Estudo de Caso.* Universidade do Porto,

Bhawani, S. (2011). *POST OCCUPANCY EVALUATION: DEVELOPMENT OF AN INSTRUMENT AND A PROCESS TO ASSESS OCCUPANT SATISFACTION IN RENOVATED UNIVERSITY OFFICE SETTINGS: A CASE STUDY APPROACH.*

Buddies, S. (2012). Steps of the Scientific Method. Retrieved from https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/science-fair/steps-of-the-scientific-method

Carta de Cracóvia 2000 - Princípios para a Conservação e o Restauro do Património Construído, (2000).

Cristelli, R. (2010). *Pavimentos Industriais de Concreto – Análise do Sistema*

Construtivo. Universidade Federal de Minas Gerais, Retrieved from http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9ADKHE

DFS, A. (2021). Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia/Espinho (Unid. Cuidados Intensivos). Retrieved from http://dfsavac.com/projectos/centro-hospitalar-de-vila-nova-de-gaia-espinho-unid-cuidados-intensivos/

Ferreira, C. M. S. (2013). *Tipologia, instalação, funcionamento e manutenção de diversos tipos de juntas de dilatação em Obras de Arte.* Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Retrieved from https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/3281/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf

Forcada, N., Macarulla, M., Gangolells, M., Casals, M., Fuertes, A., & Roca, X. (2013). Posthandover Housing Defects: Sources and Origins. *Journal of Performance of Constructed Facilities, 27*(6), 756-762. doi:10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000368

Gaspar, P., & Brito, J. (2003). O Ciclo de Vida das Construções. *Arquitectura & Vida*, 98-103.

Guthrie, G. (2019). Project problems? Use a fault tree analysis to get back on track. Retrieved from https://cacoo.com/blog/project-problems-use-fault-tree-analysis-get-back-track/

Henriques, G. (2019). Construção civil: obras há muitas, falta quem as faça. *Diário de Notícias*. Retrieved from https://www.dn.pt/edicao-do-dia/03-ago-2019/construcao-civil-obras-ha-muitas-falta-quem-as-faca--11176659.html

Hwang, S., Jebelli, H., Choi, B., Choi, M., & Lee, S. (2018). Measuring Workers’ Emotional State during Construction Tasks Using Wearable EEG. *Journal of Construction Engineering and Management, 144*(7), 04018050. doi:doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001506

Infraspeak. (2020). Análise de Árvore de Falhas: Definição, Aplicação e Vantagens. Retrieved from https://blog.infraspeak.com/pt-pt/analise-arvore-de-falhas/

International Electrotechnical Commission, I. (2006). Fault tree analysis (FTA).

Kabir, S. (2017). An overview of fault tree analysis and its application in model based dependability analysis. *Expert Systems with Applications, 77*, 114-135. doi:10.1016/j.eswa.2017.01.058

Mendonça, A. L. P. V. d. (2013). *MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS - CONTRIBUTO PARA A SUA APLICABILIDADE NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL.* (Master). Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Neves, V., Silva, J., & Paiva, A. (2018). *A IMPORTÂNCIA DO REGISTO DE RECLAMAÇÕES, DAS AÇÕES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO CORRENTE, E DOS SEUS CUSTOS NA GESTÃO DE CONDOMÍNIOS DE EDIFÍCIOS CORRENTES DE HABITAÇÃO COLETIVA*. Paper presented at the REHABEND, Cáceres, Espanha.

Preiser, W. F. E. (1995). Post-occupancy evaluation: how to make buildings work better. *Facilities, 13*(11), 19-28. doi:10.1108/02632779510097787

Sakurada, E. Y. (2001). *As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos.* Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Silva, C. G. d. (2013). *Análise da Árvore de falhas do processo de cozedura da Cerâmica F. Santiago, S.A. .* Instituto Politécnico de Leiria,

SNS. (2021). Covid-19 | CHVNG/E. Retrieved from https://www.sns.gov.pt/noticias/2021/01/18/covid-19-chvng-e/

Stamatelatos, M., Vesley, W., Dugan, J., Fragola, J., Minarick III, J., & Railsback, J. (2002). *Fault tree handbook with aerospace applications*.

Tavares, A., Costa, A., & Varum, H. (2011). Manual de Reabilitacao e Manutencao de Edificios. *INOVADOMUS*.

Turpin-Brooks, S., & Viccars, G. (2006). The development of robust methods of post occupancy evaluation. *Facilities, 24*, 177-196. doi:10.1108/02632770610665775

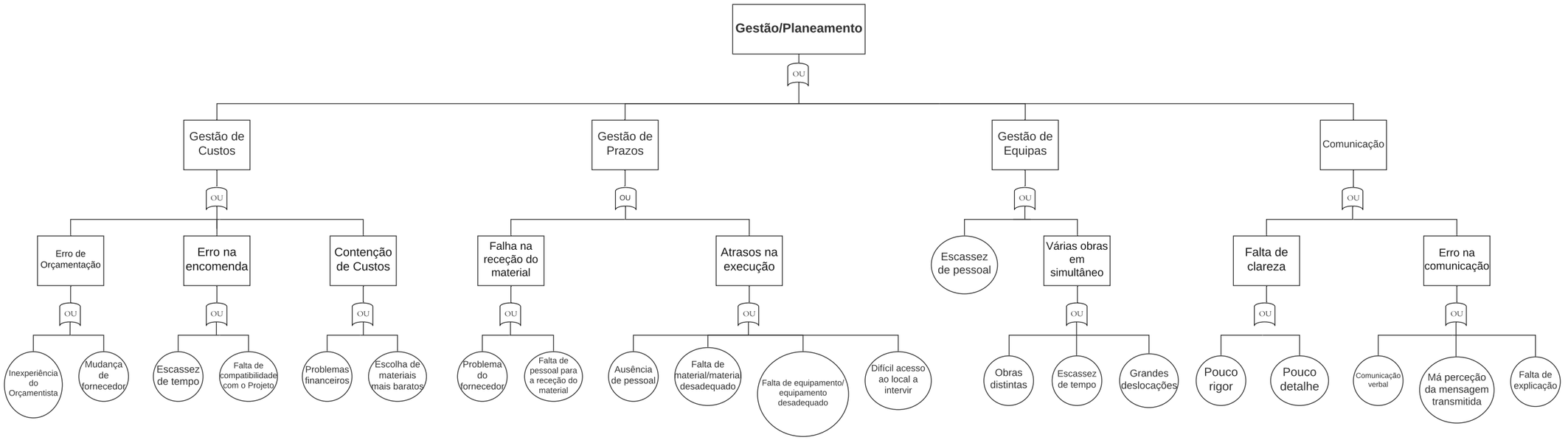
Zimmerman, A., & Martin, M. (2001). Post-occupancy evaluation: benefits and barriers. *Building Research & Information, 29*(2), 168-174. doi:10.1080/09613210010016857

Zimring, C. M., & Reizenstein, J. E. (1980). Post-Occupancy Evaluation:An Overview. *Environment and Behavior, 12*(4), 429-450. doi:10.1177/0013916580124002

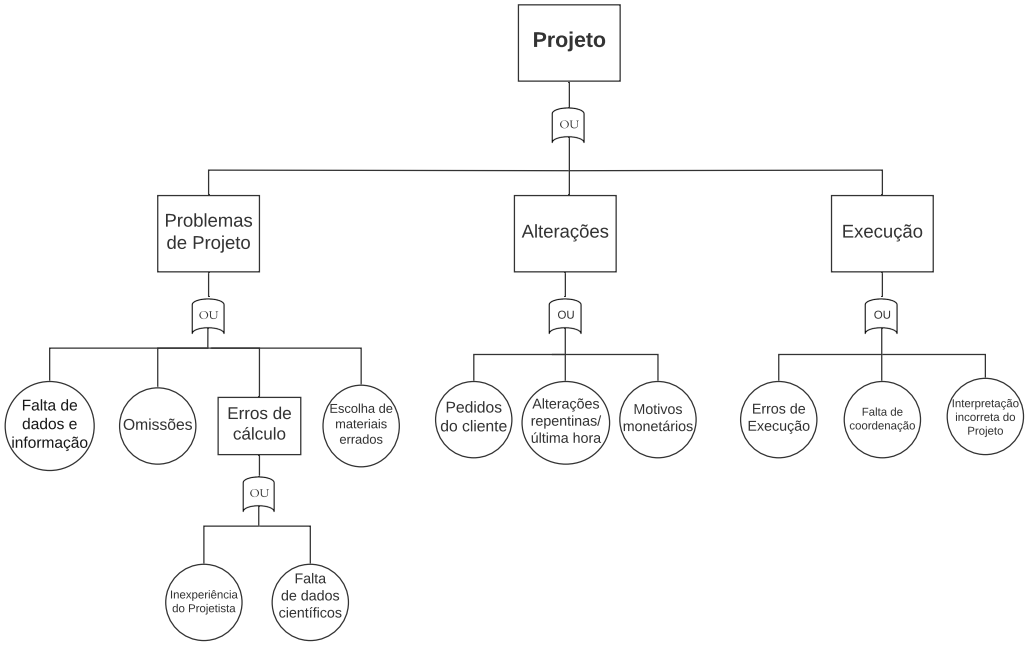
ANEXOS

ANEXO A: ÁRVORE DE FALHAS GESTÃO/PLANEAMENTO.....A1
ANEXO B: ÁRVORE DE FALHAS PROJETO.....A2
ANEXO C: ÁRVORE DE FALHAS UTILIZAÇÃO.....A3
ANEXO D: ÁRVORE DE FALHAS MÃO DE OBRA.....A4
ANEXO E: ÁRVORE DE FALHAS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.....A5
ANEXO F: ÁRVORE DE FALHAS GLOBAL.....A6
ANEXO G: ÁRVORE DE FALHAS – CAUSAS MAIS FREQUENTES.....A7

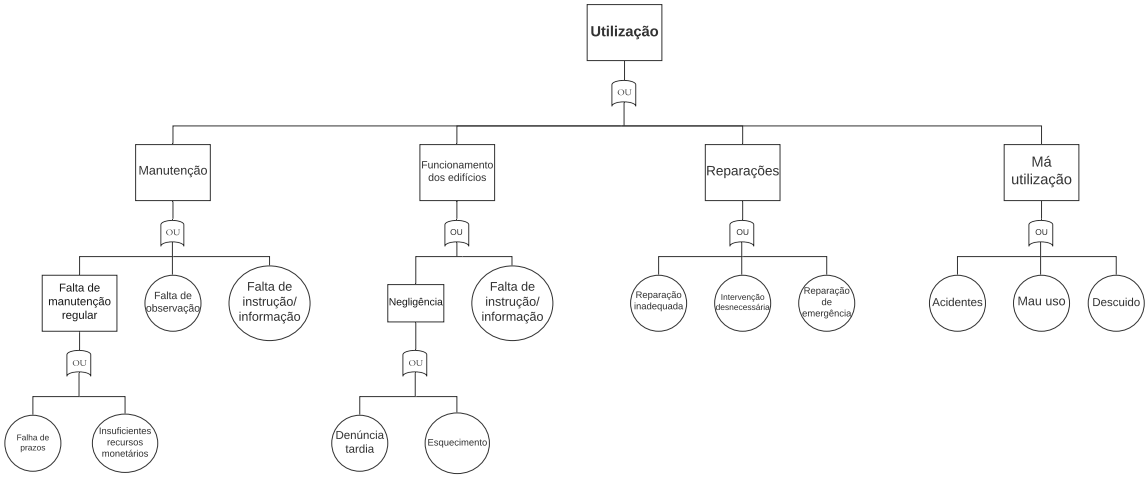
ANEXO A: ÁRVORE DE FALHAS GESTÃO/PLANEAMENTO



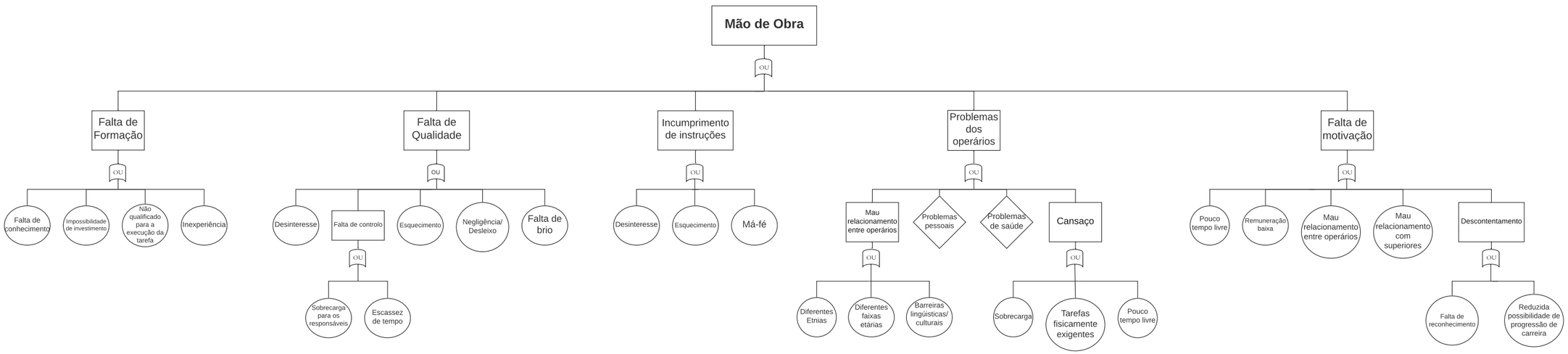
ANEXO B: ÁRVORE DE FALHAS PROJETO



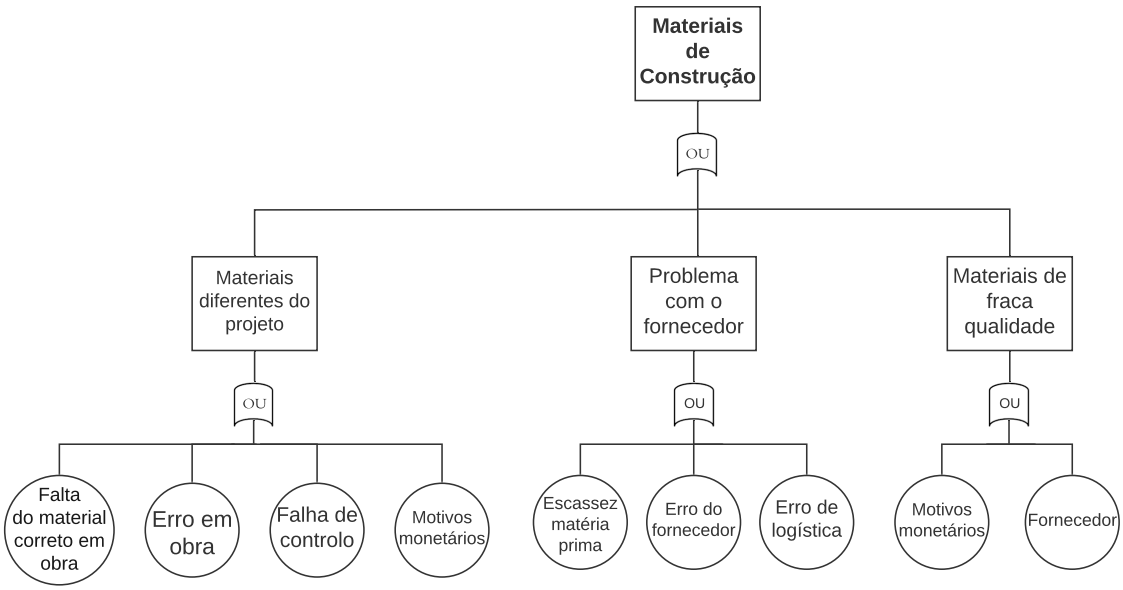
ANEXO C: ÁRVORE DE FALHAS UTILIZAÇÃO



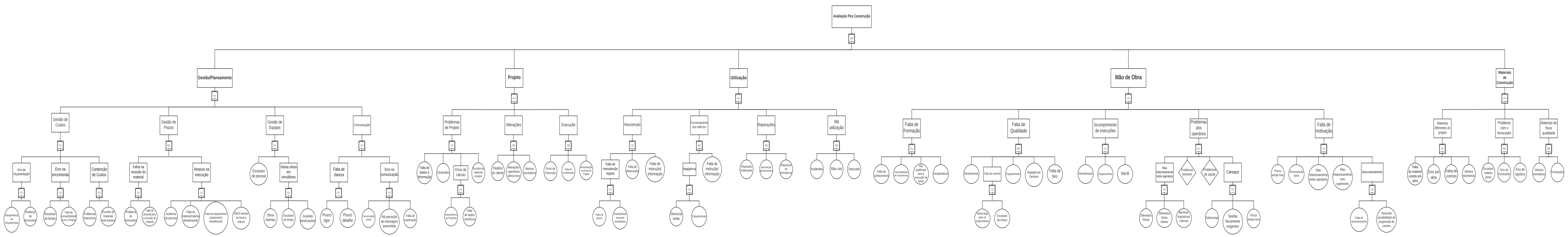
ANEXO D: ÁRVORE DE FALHAS MÃO DE OBRA



ANEXO E: ÁRVORE DE FALHAS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO



ANEXO F: ÁRVORE DE FALHAS GLOBAL



ANEXO G: ÁRVORE DE FALHAS – CAUSAS MAIS FREQUENTES

