



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

Avaliação e modelação dos custos da não-qualidade na indústria da construção

Rui Alexandre Sampaio dos Reis Almeida

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil

Júri

Presidente: Prof. Jorge Manuel Caliço Lopes de Brito

Orientadores: Prof. Carlos Alberto de Brito Pina

Eng.º João Manuel Duarte Cunha

Vogal: Prof. Pedro Miguel Dias Vaz Paulo

Novembro 2011

RESUMO

A nível nacional a indústria da construção é uma das mais importantes, caracterizando-se por uma elevada concorrência entre as empresas que actuam nesse mercado. Minimizar as falhas de qualidade é fundamental para a redução das ineficiências e o aumento dos benefícios obtidos pelas empresas. Esta minimização é realizada através da implementação de medidas de gestão da qualidade, contudo o objectivo deve passar pela minimização do conjunto dos custos da qualidade e da não-qualidade. A ausência de trabalhos publicados sobre esta matéria em Portugal motiva o desenvolvimento desta dissertação, que pretende realizar uma abordagem prévia a este tema.

Neste trabalho é realizada uma revisão bibliográfica sobre custos da qualidade e da não-qualidade na indústria da construção, com particular incidência nestes últimos. Foram ainda analisados qualitativamente os resultados de um questionário realizado a diversas empresas de construção portuguesas e, sempre que possível, estes foram comparados com os dados obtidos na revisão bibliográfica.

Os resultados obtidos com o questionário apontam para a existência de custos da qualidade e da não-qualidade de expressão significativa nas empresas de construção. Os últimos apresentam-se tendencialmente superiores aos custos da qualidade. Não foi possível obter uma estimativa para o valor do investimento em qualidade que minimiza o total dos custos da qualidade e da não-qualidade. Aparentemente a utilização do valor destes custos como parâmetro de gestão tem sido pouco explorada pelas empresas de construção nacionais. Estas parecem não estar completamente familiarizadas com este tema e a forma como abordam o conhecimento destes custos pode ser melhorada.

Palavras-chave: qualidade, não-qualidade, custos, construção.

ABSTRACT

The construction industry is one of the most important in Portugal, known for strong competition between the companies operating in that market. Minimizing the failures of quality is essential for the reduction of inefficiencies and for the growth of the companies' benefits. This minimization is accomplished through the implementation of quality management measures, though the main goal must be the minimization of the whole costs of quality and non-quality. The absence of published works in Portugal concerning this subject motivates the development of this dissertation that aims to be a preliminary approach to the topic of costs of quality and non-quality.

In this work is carried out a comprehensive literature review on the topic of costs of quality and non-quality in the construction industry, with particular emphasis on the latter. Additionally, a quantitative analysis was performed on the results of a questionnaire sent to Portuguese construction companies. Whenever possible, these results were compared to the data found in the literature reviewed.

The questionnaire's results point to the existence of substantial costs of quality and non-quality in the construction companies. The costs of non-quality showed a tendency to exceed the costs of quality. It was impossible to get an estimation of the amount of investment in quality that minimizes the sum of the costs of quality and costs of non-quality. Apparently the use of these costs as a management tool has been underexplored by the Portuguese construction companies. The topic addressed in this dissertation seems not to be completely familiar to the companies and the way they deal with the knowledge of the costs may be improved.

Keywords: quality, non-quality, costs, construction.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de deixar o meu profundo agradecimento ao Engenheiro João Duarte Cunha, director do Centro da Qualidade na Construção do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, pela sua orientação no desenvolvimento deste trabalho e pela constante disponibilidade demonstrada.

Ao Professor Carlos Pina agradeço ter-me possibilitado desenvolver este trabalho, num tema que acredito ser importante para a competitividade da indústria da construção, assim como a sua revisão deste documento.

Gostaria também de destacar a cooperação do colega Pedro Santos no desenvolvimento do questionário que foi elaborado no contexto desta dissertação. Agradeço-lhe ainda a disponibilidade apresentada para troca de ideias durante a fase inicial de desenvolvimento desta dissertação.

Às empresas que responderam ao questionário agradeço a sua preciosa colaboração, em particular aos seus colaboradores que procederam ao preenchimento do questionário e aos posteriores esclarecimentos. Infelizmente, por questões de confidencialidade, não posso fazer-lhes o reconhecimento devido, enunciando os seus nomes.

Expresso igualmente a minha gratidão ao meu amigo Sahba Sanai pela ajuda prestada na tradução da língua inglesa.

Aos meus pais e irmãos o meu sincero obrigado pelo seu apoio e afecto incondicional, em particular durante o meu percurso no Instituto Superior Técnico, no mestrado integrado em Engenharia Civil, do qual esta dissertação representa a derradeira etapa.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJECTIVOS	3
1.2 METODOLOGIA	3
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	4
2 ESTADO DA ARTE	5
2.1 INTRODUÇÃO.....	5
2.2 IDENTIFICAÇÃO E CAPTURA DOS CUSTOS RELACIONADOS COM A QUALIDADE.....	10
2.2.1 <i>Introdução</i>	10
2.2.2 <i>Quality Performance Management System (QPMS)</i>	13
2.2.3 <i>Quality Performance Tracking System (QPTS)</i>	15
2.2.4 <i>Quality Cost Matrix (QCM)</i>	19
2.2.5 <i>Construction Quality Costs Quantifying System (CQCQS)</i>	21
2.2.6 <i>Project Management Quality Cost System (PROMQACS)</i>	22
2.2.7 <i>Process Cost Model (PCM)</i>	24
2.3 CUSTOS DA QUALIDADE VS CUSTOS DA NÃO-QUALIDADE	27
2.3.1 <i>Introdução</i>	27
2.3.2 <i>Apresentação detalhada dos estudos</i>	28
2.4 CUSTOS DA NÃO-QUALIDADE	43
2.4.1 <i>Introdução</i>	43
2.4.2 <i>Apresentação detalhada dos estudos</i>	45
3 ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO E TRATAMENTO DAS RESPOSTAS	69
3.1 ESTRUTURA DO QUESTIONÁRIO.....	69
3.2 TRATAMENTO DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO	71
3.2.1 <i>1ª parte – Caracterização da empresa</i>	71
3.2.2 <i>2ª parte – Posicionamento relativamente às questões da qualidade</i>	73
3.2.3 <i>3ª e 4ªs partes – Informação sobre custos da qualidade e da não-qualidade</i>	76
4 ANÁLISE DAS RESPOSTAS.....	79
4.1 SUGESTÕES PARA MELHORIA AO QUESTIONÁRIO	93
5 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO	95
5.1 CONCLUSÕES	95

5.2	TRABALHO FUTURO	97
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
7	ANEXOS	103
	ANEXO 1 - QUESTIONÁRIO	105

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CATEGORIAS DOS DESVIOS DO QPTS	17
TABELA 2 - TÍTULOS DAS COLUNAS DA <i>QUALITY COST MATRIX</i> (QCM)	20
TABELA 3 - SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DA REPETIÇÃO DE TRABALHOS	24
TABELA 4 - DISTRIBUIÇÃO DAS FALHAS DE QUALIDADE DE ACORDO COM O SEU CUSTO	30
TABELA 5 - ANÁLISE DAS CAUSAS DAS FALHAS DE QUALIDADE	32
TABELA 6 - CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS EMPRESAS NO QUE RESPEITA À SUA DIMENSÃO	37
TABELA 7 – CLASSIFICAÇÃO DOS DESVIOS	46
TABELA 8 - CATEGORIAS DAS NÃO-CONFORMIDADES	49
TABELA 9 - CATEGORIAS DAS NÃO-CONFORMIDADES	50
TABELA 10 - DISTRIBUIÇÃO DOS CUSTOS COM A REPETIÇÃO DE TRABALHOS DE ACORDO COM A SUA CLASSIFICAÇÃO	57
TABELA 11 - SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DA REPETIÇÃO DE TRABALHOS	59
TABELA 12 - PROCEDIMENTOS DE CONTRATAÇÃO (<i>PROCUREMENT</i>).....	63
TABELA 13 - CARACTERIZAÇÃO DA DIMENSÃO DAS EMPRESAS RESPONDENTES.....	72
TABELA 14 - CATEGORIZAÇÃO DAS EMPRESAS DE ACORDO COM A SUA DIMENSÃO	73
TABELA 15 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ACTUAÇÃO DAS EMPRESAS	73
TABELA 16 - ORGANIZAÇÃO DAS EMPRESAS NA ABORDAGEM À QUALIDADE	74
TABELA 17 - CERTIFICAÇÃO ISO 9001	75
TABELA 18 - REGISTOS INDIVIDUALIZADOS DOS CUSTOS DA QUALIDADE.....	75
TABELA 19 - REGISTOS INDIVIDUALIZADOS DOS CUSTOS DA NÃO-QUALIDADE	76
TABELA 20 - CUSTOS DA QUALIDADE	77
TABELA 21 - CUSTOS DA NÃO-QUALIDADE	78
TABELA 22 - CÁLCULO DOS CUSTOS DE PREVENÇÃO DA EMPRESA B	84
TABELA 23 - CÁLCULO DOS CUSTOS DAS FALHAS INTERNAS DA EMPRESA F	84
TABELA 24 - COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DA QUALIDADE NAS 9 EMPRESAS	85
TABELA 25 - COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DA NÃO-QUALIDADE NAS 9 EMPRESAS.....	86
TABELA 26 - CUSTOS DA NÃO-QUALIDADE DE OUTROS TRABALHOS CONHECIDOS	91

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - RELAÇÃO CLÁSSICA ENTRE CUSTOS RELACIONADOS COM A QUALIDADE E O NÍVEL DE QUALIDADE.....	8
FIGURA 2 - ILUSTRAÇÃO DA ARQUITECTURA DO PROMQACS	23
FIGURA 3 - MODELO TÍPICO DE UM PROCESSO DE CONSTRUÇÃO	26
FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO DO CUSTO DAS FALHAS DE QUALIDADE DURANTE A FASE DE CONSTRUÇÃO .	31
FIGURA 5 - COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS TOTAIS DA QUALIDADE NOS TRÊS TIPOS DE EDIFÍCIOS CONSTRUÍDOS	36
FIGURA 6 - CUSTO DA QUALIDADE (X) VS. CUSTO DA NÃO-QUALIDADE (Y) EM PERCENTAGEM DAS RECEITAS DE CADA EMPRESA	38
FIGURA 7 - CUSTOS TOTAIS RELACIONADOS COM A QUALIDADE (Z) VS. CUSTO DA QUALIDADE (X) EM PERCENTAGEM DAS RECEITAS DE CADA EMPRESA	39
FIGURA 8 - FLUXO DE INFORMAÇÃO NUMA CADEIA DE FORNECIMENTO SEQUENCIAL (OU EM SÉRIE)	60
FIGURA 9 - FREQUÊNCIA RELATIVA DAS RESPOSTAS ÀS QUESTÕES VIII) E IX) DO QUESTIONÁRIO.....	80
FIGURA 10 - FREQUÊNCIA RELATIVA DAS RESPOSTAS À QUESTÃO VIII A) DO QUESTIONÁRIO	81
FIGURA 11 - FREQUÊNCIA RELATIVA DAS RESPOSTAS À QUESTÃO IX A) DO QUESTIONÁRIO.....	81
FIGURA 12 - CUSTOS DA QUALIDADE E CUSTOS DA NÃO-QUALIDADE (POR EMPRESA).....	86
FIGURA 13 - CUSTOS DA QUALIDADE E CUSTOS DA NÃO-QUALIDADE (POR EMPRESA, COM ESTAS ORDENADAS POR ORDEM DECRESCENTE DO NÚMERO DE ANOS COM CERTIFICAÇÃO ISO 9001) ..	88
FIGURA 14 - CUSTOS DA QUALIDADE VS CUSTOS DA NÃO-QUALIDADE.....	90
FIGURA 15 - ORIGEM DA QUANTIFICAÇÃO DOS CUSTOS ELEMENTARES DA NÃO-QUALIDADE.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS

AS - Australian Standard

BOOT - Build-Own-Operate-Transfer

BS - British Standard

CC - Custos de conformidade

CII - Construction Industry Institute

CNC - Custos de não-conformidade

QCCQS - Construction Quality Cost Quantifying System

GMP - Guaranteed Maximum Price

InCI - Instituto da Construção e do Imobiliário

INE - Instituto Nacional de Estatística

ISO - International Organization for Standardization

NIS - New Israeli Shekel

PAF - Prevention, Appraisal and Failures

PCM - Process Cost Model

PIB - Produto Interno Bruto

PME - Micro, pequenas e médias empresas

PROMQACS - Project Management Quality Cost System

QCM - Quality Cost Matrix

QMTF - Quality Management Task Force

QPMS - Quality Performance Management System

QPTS - Quality Performance Tracking System

TQM - Total Quality Management

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção é uma das mais importantes no panorama económico nacional. No ano de 2008 a indústria da construção representava 10% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, segundo dados do Instituto Nacional de Estatística (INE). Em 2009, cerca de 10% do número total de empresas existentes em Portugal pertenciam ao sector da construção (dados Pordata). As empresas ligadas à construção detinham aproximadamente 9,5% dos postos de trabalho em Portugal no ano de 2008 (dados INE).

Esta indústria é caracterizada por uma cada vez maior competitividade entre as empresas, o que se traduz numa redução das suas margens de lucro. Adicionalmente, as crescentes exigências legais e por parte dos clientes leva a que estas empresas procurem aumentar o nível de eficiência da sua actividade, reduzindo os custos de operação e melhorando o nível de qualidade da construção.

Existem três variáveis que se devem equilibrar num projecto de construção: custo, qualidade e prazo de execução. Todas elas se influenciam reciprocamente, pelo que o seu equilíbrio não é simples.

O termo “qualidade” pode ter diversas interpretações e definições. Na visão popular esta palavra é sinónimo de superioridade ou de grau de excelência, algo subjectivo e difícil de quantificar. Numa perspectiva técnica, caso da Norma ISO 9000, qualidade é definida como a totalidade das características de um produto, processo, organização, pessoa, actividade ou sistema que lhe confere a capacidade de satisfazer necessidades explícitas e implícitas.

Para que a qualidade seja mensurável, é necessária uma definição mais pragmática e objectiva. As definições apresentadas por Juran e Gryna (1993), “adequação à finalidade”, e por Crosby (1979), “conformidade com os requisitos”, aproximam-se desses objectivos. No sector da construção, de acordo com Kazaz *et al.* (2005), qualidade é entendida como a capacidade de cumprir os requisitos contratualizados com os clientes.

Os “custos da qualidade” e os “custos da não-qualidade” são os custos associados, respectivamente, ao cumprimento e ao incumprimento dos requisitos estabelecidos pela empresa com os clientes. O conjunto destes custos pode ser designado por “custos totais da qualidade” (*total quality costs*), segundo Kazaz *et al.* (2005), ou por “custos relacionados com a qualidade” (*quality-related costs*), de acordo com Rosenfeld (2009).

Existe uma relação inversa entre os custos da qualidade e os custos da não-qualidade. O aumento dos primeiros tem como consequência a redução dos segundos e vice-versa, a

redução dos custos com a qualidade conduz a um aumento dos custos da não-qualidade. Para que o exercício da qualidade seja um exercício vantajoso, o aumento dos custos da qualidade deve ser compensado pela redução dos custos da não-qualidade, para que o seu conjunto seja minimizado. Atendendo a que os custos da qualidade são a variável independente e os custos da não-qualidade são a variável dependente, o objectivo é determinar o investimento óptimo em qualidade.

As práticas de contabilidade usuais registam alguns dos custos que podem ser considerados custos relativos à qualidade. Casos dos custos com os sistemas de gestão da qualidade, dos custos com a formação dos trabalhadores ou dos custos com as reparações após entrega da obra ao cliente. Contudo muitos dos custos relacionados com a qualidade não são registados formalmente, em particular os relacionados com as falhas ocorridas durante as fases de projecto e de construção. A existência de métodos que permitam o registo destas falhas de uma forma sistemática e expedita são essenciais para uma completa percepção dos custos relacionados com a qualidade na indústria da construção. Estes sistemas devem ser um complemento às técnicas que habitualmente são utilizadas na identificação e quantificação dos custos na construção.

Apenas a quantificação dos custos da não-qualidade permite saber qual o estado de eficiência dos processos das empresas. A execução de uma obra pode ter o mesmo nível de qualidade e custos da não-qualidade diferentes. Caso os custos da não-qualidade sejam demasiado elevados é sinal que os procedimentos estão desajustados ou que, não estando desajustados, não estão a ser seguidos, o que tem consequências não apenas financeiras, mas também na moral dos trabalhadores, a quem desagrada trabalhar numa empresa caracterizada por uma grande incidência de falhas. O conhecimento destes custos é um meio para o reconhecimento da origem e das causas da não-qualidade, algo fundamental para a sua redução.

A não-qualidade tem consequências que vão além do seu efeito directo nas actividades ligadas aos projectos de construção, casos das rectificações ou repetições de trabalhos. A este fenómeno estão associadas consequências indirectas, como os atrasos nos trabalhos, e intangíveis, caso da perda de reputação e consequente perda de futuros clientes.

O exercício de quantificação dos custos relacionados com a qualidade, em particular dos custos da não-qualidade, deve ser visto como um processo de melhoria e não apenas como uma identificação dos responsáveis pela não-qualidade. O receio do escrutínio das suas actividades é, possivelmente, uma das razões pela qual os intervenientes na indústria da construção não demonstram maior interesse no conhecimento destes custos.

Outro dos motivos para o fraco desenvolvimento deste tema está relacionado com o trabalho adicional que a quantificação dos custos relacionados com a qualidade inevitavelmente, e de

uma forma esperada, acarretam. Todavia, é expectável que este esforço adicional seja compensado pelos benefícios que o conhecimento destes custos permite alcançar.

O desenvolvimento deste tema tem interesse académico, uma vez que não existem estudos desta natureza em Portugal, e profissional, dado que o seu desenvolvimento pode trazer benefícios para todos os intervenientes na indústria da construção. Para as empresas pode traduzir-se numa redução dos seus custos totais, uma vez identificados e quantificados os custos relacionados com a qualidade. Os clientes têm acesso a produtos de qualidade, nos quais a ocorrência de defeitos foi minimizada. Também para a sociedade o desenvolvimento deste tema é vantajoso, visto que a identificação das causas e origem da não-qualidade permite uma optimização de processos e, conseqüentemente, uma redução dos recursos materiais necessários.

1.1 Objectivos

Esta dissertação tem como objectivo obter e analisar informação preliminar referente aos custos da qualidade e da não-qualidade na indústria da construção em Portugal, com especial atenção para estes últimos. A recolha da informação foi realizada através de um inquérito dirigido a empresas de construção nacionais.

Dado o desenvolvimento de estudos desta natureza noutros países, pretende-se também, na medida do possível, realizar uma comparação dos resultados deste trabalho com os que são apontados nesses estudos, em particular no que diz respeito aos custos da não-qualidade.

1.2 Metodologia

A metodologia empregue nesta dissertação assenta em três pontos:

- 1) Revisão bibliográfica sobre avaliação e modelação dos custos da qualidade e da não-qualidade na indústria da construção;
- 2) Elaboração de um inquérito dirigido a empresas de construção para obtenção de dados sobre custos da qualidade e custos da não-qualidade;
- 3) Análise dos resultados do inquérito e sua comparação com resultados presentes na literatura.

Face à natureza e duração prevista para o trabalho, as opções consideradas para a recolha de informação junto das empresas de construção foram o envio de um questionário e a entrevista pessoal. A possibilidade de recolha em obra de informação específica estava à partida afastada pelo facto de se tratar de um projecto de curta duração e de orçamento muito limitado.

O envio de um questionário e a entrevista pessoal não são necessariamente métodos alternativos, podendo antes complementar-se. O questionário tem a vantagem de poder ser enviado a um universo de empresas muito maior do que o que seria possível cobrir com entrevistas pessoais, mas é preciso ter em conta que a taxa de resposta é normalmente baixa e que é difícil controlar a qualidade da informação prestada. Sem ter excluído à partida a possibilidade de realizar entrevistas pessoais numa fase ulterior, optou-se inicialmente pela via do questionário.

Escolheu-se o *e-mail* como forma de envio do questionário pela prontidão da sua entrega e comodidade no envio das respostas por parte das empresas de construção e ainda porque é uma forma de comunicação que não envolve custos.

O questionário, reproduzido em anexo, foi elaborado em conjunto com o aluno Pedro Santos, também do Instituto Superior Técnico, cuja dissertação de mestrado exigia igualmente uma recolha de informação no mesmo universo da construção e com uma parte significativa em comum. Assim, de forma a reduzir o número de solicitações às empresas de construção, escolheu-se realizar um único questionário com duas partes distintas, para além das partes comuns de caracterização das empresas inquiridas.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação é composta por duas partes principais. Na primeira, correspondente ao segundo capítulo, são apresentados os trabalhos desenvolvidos até ao momento respeitantes aos custos relacionados com a qualidade. Estes trabalhos dividem-se em três grandes grupos: trabalhos que abordam a identificação e compilação dos custos, trabalhos que quantificam ambos os tipos de custos relacionados com a qualidade e trabalhos que abordam exclusivamente os custos da não-qualidade. A segunda parte da dissertação diz respeito ao questionário elaborado com vista à recolha de informação das empresas de construção. Esta parte está repartida pelo terceiro e quarto capítulos, onde é explicada a construção do questionário, são apresentadas as respostas ao mesmo e onde as respostas são examinadas.

Finalmente, no último capítulo, são apresentadas as conclusões resultantes do estudo da literatura e da análise das respostas ao questionário, sendo ainda apresentadas sugestões para desenvolvimento de trabalho futuro.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Introdução

O conceito de custos relacionados com a qualidade foi introduzido por Juran, no seu livro *Quality Control Handbook* (Juran, 1951). Posteriormente, Feigenbaum (1961), em conjunto com outros autores, contribuiu para o desenvolvimento de uma forma mais sistematizada de analisar os custos relacionados com a qualidade. Desta forma foi possível dar uma utilidade prática ao conceito enunciado por Juran (1951).

A utilização dos custos relacionados com a qualidade na medição, gestão e controlo dos defeitos da qualidade durante o processo de produção está, no essencial, bem estabelecida na indústria fabril (*manufacturing industry*) e no sector dos serviços, sendo utilizada a informação sobre este tipo de custos nesses sectores desde o início da década de 1950 (Kummar e Brittain, 1995).

A complexidade associada à produção na construção é um dos principais motivos para que aplicação do conceito de custos relacionados com a qualidade seja mais problemática na indústria da construção. A produção nesta indústria envolve um vasto número de intervenientes e, ao contrário do que acontece na indústria fabril, a maior parte dos projectos são únicos, com actividades que não se repetem, o que dificulta a sua sistematização (Low e Yeo, 1998; Aoieong *et al.*, 2002).

Vantagens associadas ao conhecimento dos custos relacionados com a qualidade

São diversas as vantagens associadas ao conhecimento dos custos relacionados com a qualidade na indústria da construção. Aoieong *et al.* (2002) referem as seguintes:

- Alertar a direcção das empresas para o potencial impacto da má qualidade;
- Ajudar a direcção das empresas a determinar quais as actividades com maior potencial de redução dos custos totais da qualidade;
- Alertar todos os funcionários da empresa para a importância dos trabalhos relacionados com a qualidade;
- Indirectamente, levar as partes envolvidas na construção a prestar atenção à melhoria contínua, que é um requisito básico da Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management - TQM*) e está em conformidade com os objectivos da ISO 9000.

Em concordância com os dois últimos pontos, Dale e Plunkett (1995) afirmam que o conhecimento dos custos relacionados com a qualidade ajuda a promover o conceito de que a qualidade é responsabilidade de todos os colaboradores das empresas e que estes custos têm consequências importantes no desempenho financeiro das empresas. Desta forma torna-se possível influenciar positivamente o comportamento e atitude dos empregados das empresas, a todos os níveis.

Hall e Tomkins (2001) apontam ainda dois objectivos importantes do exercício de quantificação dos custos relacionados com a qualidade:

- Compreender as causas dos problemas de qualidade;
- Comparar os custos relacionados com a qualidade de vários projectos, permitindo assim avaliar o efeito da aprendizagem, das alterações da política da empresa e das iniciativas de melhoria contínua implementadas nas empresas.

A análise dos custos relacionados com a qualidade possibilita o conhecimento dos pontos fortes e fracos de um sistema de gestão da qualidade, assim como a identificação das falhas ocorridas durante o desenvolvimento de um projecto de construção, o que ajuda a evitar a ocorrência dos mesmos erros, ou de erros semelhantes, no período remanescente do projecto e em projectos futuros.

Categorização dos custos relacionados com a qualidade

Os modelos ou sistemas de classificação dos custos relacionados com a qualidade com maior utilização são o modelo “Prevenção, Avaliação e Falhas” (*Prevention, Appraisal and Failures - PAF*) e o modelo de custo dos processos (*Process Cost Model - PCM*). O primeiro divide os custos relacionados com a qualidade em custos de prevenção, custos de avaliação e custos das falhas. O segundo modelo é orientado para a quantificação dos custos relacionados com a qualidade dos processos e define que estes se dividem em custos de conformidade e custos de não-conformidade. A Norma BS 6143 (*British Standard 6143*) fornece orientações para a determinação dos custos relacionados com a qualidade de acordo com o modelo de custo dos processos (parte 1) e com o modelo PAF (parte 2).

O modelo PAF é o mais consensualmente utilizado na determinação dos custos relacionados com a qualidade (Aoieng *et al.*, 2002; Love e Irani, 2003). Neste modelo, os custos de prevenção são os custos associados a acções executadas para investigar, prevenir ou reduzir a ocorrência de falhas. Exemplos destas acções são as revisões dos projectos técnicos, a formação do pessoal, os processos de acreditação de fornecedores e subempreiteiros, as auditorias internas de qualidade e os programas de melhoria dos processos. Os custos de avaliação são os custos das acções de controlo, de monitorização e avaliação efectuadas em

todas as fases de um projecto com o objectivo de detectar irregularidades, erros e defeitos e avaliar o cumprimento dos requisitos de qualidade estabelecidos. Alguns exemplos destes custos são os incorridos com inspecções, a avaliação dos materiais e a calibração de equipamentos de teste e medição. A diferença notória entre as actividades de prevenção e as actividades de avaliação é que as primeiras pretendem gerir o processo de produção enquanto as últimas têm o objectivo de avaliar os resultados desse processo.

Uma falha (de qualidade) é consequência de uma acção cujo resultado não está em conformidade com os requisitos. Assim, os custos das falhas são os custos associados à sua correcção, para que os requisitos de qualidade estabelecidos sejam alcançados. As falhas podem ser classificadas como internas ou externas. Falhas internas são aquelas que são detectadas antes de o produto ser expedido para o cliente, enquanto as falhas externas são as falhas descobertas após a entrega do produto ao cliente.

Apesar da maior utilização do modelo PAF na classificação dos custos relacionados com a qualidade, Porter e Rayner (1992) apontam-lhe algumas lacunas:

- Dificuldade na distinção das actividades de prevenção, visto que quase todas as actividades de uma empresa correctamente administrada estão relacionadas com a prevenção de problemas de qualidade;
- Dificuldade em classificar os custos numa única das suas categorias;
- Este modelo não inclui os custos relacionados com qualidade intangíveis (p.e., perda de reputação);
- O foco principal da TQM é a melhoria dos processos, mas a categorização do modelo PAF não considera os custos dos processos.

No trabalho de Aoieong *et al.* (2002) foi obtida a opinião de vários elementos de empresas de construção de Hong Kong sobre a aplicação do modelo PAF na indústria da construção. Estes revelaram que a aplicação deste modelo pode não ser possível dada a complexa estrutura desta indústria. Assim, Aoieong *et al.* (2002) propuseram uma abordagem aos custos relacionados com a qualidade baseada na sua categorização pelo modelo de custo dos processos (PCM). Na sua opinião, esta categorização tem as seguintes vantagens:

- Monitorização e melhoria de determinados processos de um projecto de construção, ao invés da totalidade do projecto, o que é mais exequível;
- Categorização mais simples dos custos relacionados com a qualidade;
- Exigência de recursos consideravelmente inferior.

Modelação dos custos relacionados com a qualidade

Um modelo muito utilizado na representação do comportamento dos custos relacionados com a qualidade é o representado na Figura 1. Este modelo evidencia uma relação inversa entre os custos da qualidade (prevenção e avaliação) e os custos da não-qualidade (falhas). Um aumento do investimento em actividades de prevenção e avaliação da qualidade tem como consequência o aumento do nível de qualidade e, conseqüentemente, a redução das despesas com as falhas de qualidade.

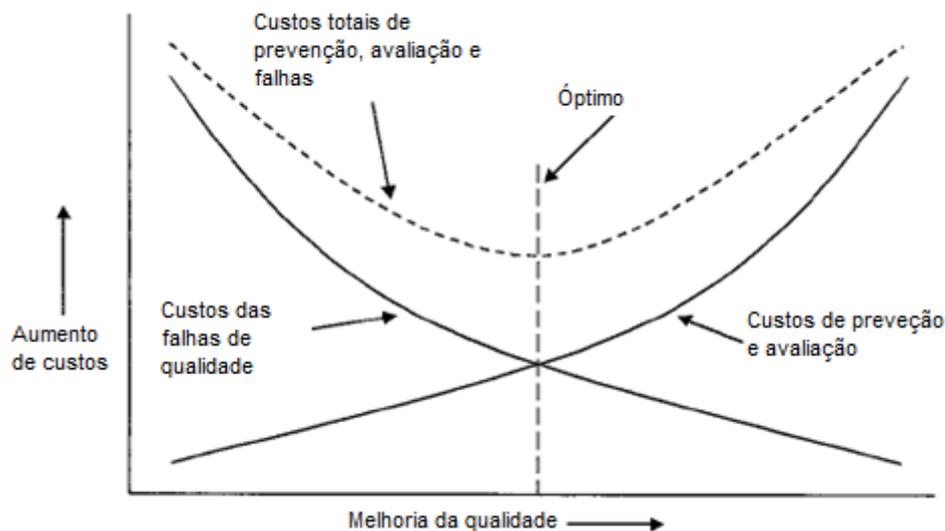


Figura 1 - Relação clássica entre custos relacionados com a qualidade e o nível de qualidade (Foster, 1996)

O mínimo da curva dos custos totais da qualidade corresponde ao nível de defeitos ótimo ou nível de qualidade ótimo, dependendo do que é representado nas abcissas do gráfico. A sua localização depende da natureza do projecto em questão, contudo nunca corresponde ao nível de 0% de defeitos ou de 100% de conformidade com os requisitos (Kazaz *et al.*, 2005).

Plunkett e Dale (1988) agruparam em 5 grupos os diversos modelos presentes na literatura sobre custos relacionados com a qualidade e os vários conjuntos de dados reais relativos a este tipo de custos. O principal objectivo desse trabalho era veicular a existência de uma correlação entre os custos de prevenção e avaliação e os custos das falhas. À semelhança do que acontece no modelo da Figura 1, alguns dos modelos identificados por Plunkett e Dale (1988) representam mais do que uma das categorias de custos relacionados com a qualidade na mesma curva. Os autores são da opinião que esta combinação deve ser evitada, dado que esconde a relação entre as categorias agrupadas.

Custos da não-qualidade

No que toca aos custos da não-qualidade, preocupação central desta dissertação, diversos termos têm sido utilizados para designar os itens ou situações em que não é satisfeita a totalidade dos requisitos pretendidos. Nos trabalhos apresentados neste capítulo, nas secções seguintes, identificam-se os seguintes: não-qualidade, falha, defeito, desvio de qualidade, não-conformidade e repetição de trabalhos (*rework*). A utilização indiscriminada destes termos nas investigações realizadas até ao momento tem como consequência a incompleta avaliação das consequências da falta de qualidade. Este aspecto dificulta a comparação dos resultados dos vários trabalhos, não permitindo retirar conclusões sólidas e generalizáveis, o que pode levar à definição de estratégias inapropriadas para a redução da ocorrência das falhas de qualidade. O facto de não existir uniformização de termos é um indício de que esta área de investigação ainda está longe da maturidade (Rosenfeld, 2009).

Um número considerável de trabalhos apresentados neste capítulo teve como objectivos a quantificação dos custos do *rework* e a identificação das suas causas. Existem várias definições de *rework*, das quais se destacam a da BS 4778, “processo pelo qual um item é levado à conformidade com os requisitos originais através de acabamento ou correcção”, e a de Love *et al.* (1999b), “o esforço dispensável de refazer um processo ou actividade que foi implementado(a) incorrectamente na primeira ocasião”.

A tradução do substantivo *rework* para a língua portuguesa não é simples. A expressão “repetição de trabalhos” será utilizada daqui em diante quando se fizer referência ao termo *rework* na língua portuguesa.

Refira-se que a expressão “repetição de trabalhos” é utilizada em algumas publicações como sinónimo de não-qualidade uma vez que é a consequência mais evidente da não-conformidade com os requisitos. Esta utilização é falaciosa dado que a não-qualidade tem consequências que vão para além da repetição dos trabalhos, como a insatisfação dos clientes, a perda de reputação da empresa, os atrasos nos trabalhos de construção ou o desânimo dos trabalhadores.

Este capítulo é composto, para além desta introdução, por três secções: “Identificação e captura dos custos relacionados com a qualidade”, “Custos da qualidade vs Custos da não-qualidade” e “Custos da não-qualidade”.

Na secção seguinte deste capítulo são apresentados os principais sistemas desenvolvidos para a identificação e quantificação dos custos relacionados com a qualidade na indústria da construção.

A secção denominada de “Custos da qualidade vs Custos da não-qualidade” tem como objectivo apresentar os principais trabalhos de investigação cujo objectivo foi estimar os custos da qualidade e da não-qualidade de determinados projectos de construção e de algumas empresas de construção. Dois desses trabalhos procuraram ainda identificar o nível óptimo de investimento em qualidade.

Finalmente, na última secção, é efectuada a descrição de trabalhos cuja finalidade foi quantificar unicamente os custos da não-qualidade, assim como identificar a sua origem e causas.

2.2 Identificação e captura dos custos relacionados com a qualidade

2.2.1 Introdução

A avaliação dos custos relacionados com a qualidade permite conhecer a sua dimensão, que, de acordo com Dale e Plunkett (1995), poderá ser elevada. Este conhecimento permite que as empresas de construção tomem consciência do seu desempenho em termos de qualidade e promovam poupanças e a melhoria da qualidade das construções. A identificação e registo dos custos relacionados com a qualidade possibilitam a comparação do desempenho em termos de qualidade dos vários projectos de uma empresa e entre diferentes empresas.

A necessidade de se criarem sistemas de recolha dos custos relacionados com a qualidade advém da impossibilidade de as práticas convencionais de contabilidade permitirem a identificação destes custos. Segundo Campanella (1989) e Hagan (1986) os sistemas de contabilidade correntes não foram concebidos para identificar os custos relacionados com a qualidade.

As principais características de um sistema de identificação e captura dos custos totais da qualidade devem ser a facilidade de utilização e a flexibilidade. A facilidade de utilização é necessária para garantir cooperação dos trabalhadores e a flexibilidade do sistema permite a sua alteração para fazer face a diferentes necessidades (Low e Yeo, 1998).

A implementação deste tipo de sistemas encontra alguns obstáculos, o que tem atrasado a sua consolidação na indústria da construção. O facto de a direcção de topo das empresas de construção não estar convencida da utilidade destes sistemas não permite adquirir a motivação necessária ao seu desenvolvimento. A resistência das empresas de construção é também uma consequência do trabalho adicional que estes sistemas inevitavelmente acarretam para um sector em que a carga de trabalho é já consideravelmente grande. Por outro lado, ganhar a cooperação dos trabalhadores das empresas é difícil porque estes se sentem ameaçados pelo

escrutínio que é necessário realizar ao seu trabalho (Willis e Willis, 1996; Low e Yeo, 1998; Love e Irani, 2003).

A instalação de um sistema genérico de recolha dos custos relacionados com a qualidade, de acordo com Low e Yeo (1998), desenvolve-se em 10 fases:

1. Obter o apoio da direcção de topo – o sistema deve ser apresentado à direcção, com uma introdução do conceito de custos relacionados com a qualidade, demonstrando a existência e dimensão destes custos, através dos resultados de um estudo piloto, e que a sua existência reduz o lucro da empresa;
2. Definir uma equipa para desenvolver e implementar o sistema – os membros da equipa devem ser preferencialmente pessoas envolvidas nos trabalhos em estaleiro, visto que o sistema tem como principal objectivo conhecer os custos relacionados com a qualidade nesse local;
3. Definir custos relacionados com a qualidade – devem ser definidos termos de referência para identificar determinado custo como estando, ou não, relacionado com a qualidade; nesta fase deve seguir-se a sugestão de Dale e Plunkett (1995) de que os custos relacionados com a qualidade não devem ser definidos com muita abrangência, evitando desta forma que muitos custos aparentem estar relacionados com a qualidade;
4. Decidir que áreas analisar – dado que não é realista monitorizar todos os custos relacionados com a qualidade, devem ser escolhidas as áreas que se consideram ter um impacto mais significativo nestes custos;
5. Estabelecer os procedimentos de recolha dos custos relacionados com a qualidade;
6. Obter o apoio do pessoal do estaleiro – tendo em conta que este sistema se traduz em trabalho adicional para estes trabalhadores, deve ser dada atenção especial a estes elementos, realizando sessões de informação e dialogando abertamente com estas pessoas, com o objectivo de retirar qualquer visão negativa que estes tenham sobre o sistema;
7. Formação das pessoas envolvidas na recolha dos custos – o objectivo é definir quem irá obter os dados sobre os custos relacionados com a qualidade e mostrar a importância destes dados para a empresa e o impacto positivo que esta informação terá nos trabalhos posteriores;

8. Implementar, observar e efectuar relatórios periodicamente – esta é a etapa mais importante; após a implementação do sistema a equipa de trabalho deve verificar constantemente o seu funcionamento;
9. Melhoria do sistema – após o período de teste, a equipa de trabalho deve reunir para avaliar o desempenho do sistema e verificar se existe algo que possa ser melhorado;
10. Expandir o sistema a mais áreas de operação – adicionalmente devem ser planeadas revisões periódicas ao sistema para verificar se este se mantém em operação como planeado e se é oportunamente alterado para fazer face a novas circunstâncias.

Love e Irani (2003) defendem que os sistemas de gestão de projectos utilizados na determinação dos custos relacionados com a qualidade não podem ser aplicados de forma semelhante em diferentes países devido às diferenças culturais, às divergências nos procedimentos de contratação e na forma como habitualmente a informação é organizada e gerida em cada país.

Desde a década de 1980 têm sido desenvolvidos vários sistemas para identificar e quantificar os custos relacionados com a qualidade e as causas subjacentes às falhas de qualidade na indústria da construção. A maioria destes sistemas é orientada unicamente para a fase de construção, ignorando a fase de projecto.

Um dos primeiros sistemas concebidos foi o *Quality Performance Management System* (QPMS). Este sistema, criado pelo *Construction Industry Institute* (CII, 1989), estabelece que os custos relacionados com a qualidade podem ser adequadamente monitorizados através da definição de 7 causas de falhas e de 8 actividades de gestão da qualidade. Trata-se de um sistema simples e flexível, mas que não considera o efeito das falhas no tempo de realização dos empreendimentos, nem identifica as causas específicas das falhas.

O *Quality Performance Tracking System* (QPTS), igualmente da autoria do CII (Davis *et al.*, 1989), à semelhança do QPMS, do qual é considerado uma melhoria, divide os custos relacionados com a qualidade em custos das actividades de gestão da qualidade e custos da correcção dos desvios. Uma vez que a questão central do QPTS são os desvios, este pretende dar resposta às seguintes questões relativas a cada desvio identificado: Em que subempreitada ocorreu? Quem foi afectado? Qual foi o custo da sua correcção? Quando foi detectado? Quem foi responsável? Quais foram as medidas de gestão da qualidade aplicadas? Que tipo de desvio ocorreu? Segundo Love e Irani (2003) este sistema foi pioneiro em considerar o custo da repetição de uma actividade de prevenção ou de avaliação devida a uma falha na categoria de custos das falhas, e não como custo de prevenção ou de avaliação.

Abdul-Rahman (1993) propôs a utilização da Matriz dos Custos da Qualidade (*Quality Cost Matrix*) na captura dos custos da não-conformidade durante a fase de construção. Na matriz devem ser identificados os seguintes aspectos relativos a cada não-conformidade: categoria do problema e actividade afectada, problema específico, data de detecção do problema, as suas causas, duração e custo da rectificação do problema e a indicação de outros custos adicionais.

No final da década de 90, Low e Yeo (1998) desenvolveram o *Construction Quality Cost Quantifying System* (CQCQS), uma matriz de registo das falhas de qualidade. A sua principal característica é a utilização de um sistema de código para classificar as falhas. Apesar de tal ser uma pretensão aquando do início do seu desenvolvimento, o CQCQS não quantifica os custos de prevenção e avaliação. A origem das falhas não é identificada por este sistema.

O *Project Management Quality Cost System* (PROMQACS), descrito por Love e Irani (2003), tem como principal novidade a centralização de informação sobre custos das falhas de qualidade de todas as partes envolvidas nos projectos de construção, permitindo a avaliação deste assunto de uma forma mais abrangente e rigorosa. A informação solicitada sobre cada falha é a seguinte: problema específico, subempreitada do evento, responsável pela falha, tempo não-productivo, classificação dos custos da repetição de trabalhos e custo directo da falha. Este sistema foi desenvolvido em conjunto com uma empresa de construção australiana.

Os sistemas de identificação e captura dos custos relacionados com a qualidade referidos até este momento abordam o tema de acordo com o modelo PAF, que, segundo Love e Irani (2003), é o modelo com maior aceitação e utilização. O sistema apresentado por Aoieong *et al.* (2002) diverge dos anteriores por capturar os custos relacionados com a qualidade de acordo com o modelo de custo dos processos. Segundo os autores, o modelo de custo dos processos é mais simples e exige menos recursos do que o modelo PAF.

Nas subsecções seguintes são apresentados com maior detalhe os sistemas enumerados anteriormente.

2.2.2 Quality Performance Management System (QPMS)

O QPMS, de acordo com Ledbetter (1994), define custos relacionados com a qualidade como “os custos associados às actividades de gestão da qualidade (acções de prevenção e de avaliação) mais os custos associados aos desvios”.

Willis e Willis (1996) referem que o desenvolvimento do QPMS se apoiou na avaliação de custos baseada nas actividades (*activity-based costing*), sistema que é largamente utilizado nas empresas de produção fabril. Este sistema de avaliação de custos assenta na ideia de que os produtos não provocam custos, mas sim as actividades realizadas para a sua obtenção. De acordo com esta visão, o controlo dos custos é realizado através do controlo das actividades. A

ligação dos custos relacionados com a qualidade com as actividades permite melhorar a capacidade de identificar os problemas mais importantes no que diz respeito à qualidade.

A quantificação dos custos relacionados com a qualidade pelo QPMS tem em consideração única e exclusivamente os custos de trabalho/mão-de-obra. Os trabalhadores que lidam com o QPMS são responsáveis pela inserção no sistema do tempo despendido, de acordo com determinadas orientações, em cada uma das seguintes três categorias de trabalho:

- Trabalho normal
- Prevenção e avaliação
- Correção de desvios

É considerado “trabalho normal” o trabalho mínimo para realizar o projecto, se tudo for realizado correctamente num primeiro momento. No que se refere às actividades de prevenção e avaliação estão previstas no QPMS oito tipos de actividades, consideradas pelo CII como as mais relevantes para a redução dos custos da não-qualidade:

1. Desenvolvimento/operação de sistemas de qualidade
2. Certificação de fornecedores
3. Qualificação de pessoal, testes e formação
4. Garantia da entrega de encomendas (materiais, equipamentos, serviços) dentro dos prazos
5. Verificação da possibilidade de construção (*constructability*)
6. Revisão da operacionalidade, segurança e valor
7. Inspeções internas
8. Inspeções externas

Relativamente à última categoria de trabalho prevista no QPMS, “correção de desvios”, esta ocorre quando um trabalho é repetido para que os requisitos ou expectativas dos clientes sejam cumpridos. A detecção de uma falha durante o processo de avaliação não implica automaticamente a sua correção, podendo dar-se o caso de não ser necessária qualquer rectificação. Caso o desvio seja corrigido, a sua causa deve ser identificada, podendo esta tratar-se de uma alteração ou de um erro:

- Alteração autorizada ou realizada pelo:
 - Cliente
 - Projectista

- Vendedor (de um produto/material)
- Empreiteiro
- Erro da responsabilidade do:
 - Projectista
 - Vendedor
 - Empreiteiro

Os custos de mão-de-obra devem ser identificados em todas as fases dos projectos de construção. As fases de um projecto de construção definidas no QPMS são as seguintes: fase de projecto, fase de construção e fase de arranque (*start-up*). Esta última fase só é aplicável aos projectos de construção industrial. Para além das fases do projecto de construção, o QPMS também prevê a identificação dos custos relacionados com a qualidade nas principais áreas (e.g., arquitectura, estruturas, mecânica). Willis e Willis (1996) sugerem que a informação inserida no sistema pode ser examinada pelos coordenadores de cada disciplina, semanalmente ou quando são reportadas correcções de desvios.

2.2.3 Quality Performance Tracking System (QPTS)

Nas palavras de Burati e Farrington (1987), o QPTS é “uma ferramenta de gestão que proporciona a análise quantitativa de certos aspectos do projecto relacionados com a qualidade através de uma recolha e classificação sistemática dos custos relacionados com a qualidade”. Este sistema foi concebido para complementar as práticas correntes de identificação e quantificação de custos da indústria da construção. À semelhança do QPMS, do qual é um melhoramento, o QPTS está orientado para as fases de projecto, construção e arranque (*start-up*) dos projectos de construção.

O desenvolvimento deste sistema partiu de três pressupostos fundamentais:

1. Qualidade é definida como “conformidade com os requisitos”;
2. Os requisitos para o projecto e para a construção estão claramente estabelecidos;
3. Foi definida uma estrutura adequada de repartição de custos de mão-de-obra e um planeamento de tarefas.

No QPTS, tal como acontece no QPMS, os custos totais da qualidade são divididos em custos da gestão da qualidade e em custos das falhas. Burati e Farrington (1987) definem gestão da qualidade como “a optimização das actividades de qualidade envolvidas na produção de um produto, processo ou serviço de qualidade. Como tal, incluem as actividades de prevenção e avaliação”.

A garantia de qualidade (*quality assurance*), o controlo de qualidade (*quality control*) e a gestão da qualidade (*quality management*) são considerados entradas (*inputs*) de um sistema de qualidade, enquanto as falhas de qualidade são os produtos (*outputs*) negativos desse sistema.

No âmbito do QPTS, as falhas de qualidade são denominadas desvios. Burati e Farrington (1987) definem desvio como “afastamento dos requisitos estabelecidos”. Davis *et al.* (1989) referem que o termo “desvio” é utilizado em substituição do termo “falha” porque o facto de um requisito acordado não ser alcançado pode ser consequência de uma alteração solicitada pelo dono de obra (ou cliente), não podendo ser considerado propriamente uma falha.

A questão principal no desenvolvimento do QPTS foi como lidar com os desvios. Os seus criadores definiram que este sistema, em conjunto com as práticas habitualmente utilizadas na captura dos custos gerais, deve responder às seguintes questões relativamente a cada desvio:

- Que trabalho específico esteve envolvido no desvio?
- Que fase ou fases do projecto foram afectadas pelo desvio?
- Qual o custo mensurável do desvio?
- Em que fase do projecto foi descoberto o desvio?
- Quem causou o desvio?
- Decorreram acções de gestão da qualidade na actividade onde ocorreu o desvio? A ocorrência do desvio originou repetição de acções de gestão da qualidade?
- O desvio foi consequência de um erro ou de uma alteração?
- Qual foi a resposta ao desvio?

O QPTS pretende dar resposta aos últimos cinco pontos, uma vez que, segundo os seus autores, as práticas correntes de identificação e quantificação de custos já dão resposta aos restantes. Deste modo, o QPTS propõe-se rastrear e analisar 24 categorias de desvios e 15 actividades de gestão da qualidade.

As categorias de desvios estabelecidas são funções da causa, do tipo e da fase do projecto em que os desvios foram detectados. Estas categorias são indicadas na Tabela 1, estando assinaladas com um “x” as combinações possíveis.

Tabela 1 - Categorias dos desvios do QPTS [adaptada de Davis *et al.* (1989)]

Causa	Tipo	Fase do projecto em que foi detectado		
		Projecto	Construção	Arranque
Cliente	Alteração	x	x	x
Projectista	Erro	x	x	x
Projectista	Alteração	x	x	x
Vendedor	Erro	x	x	x
Vendedor	Alteração	x	x	x
Transportador	Erro	-	x	x
Construtor	Erro	-	x	x
Construtor	Alteração	-	x	x
Outro	Alteração	x	x	x

Para a questão “Quem causou o desvio?”, o QPTS prevê 6 possibilidades de resposta: cliente, projectista, vendedor, transportador, construtor e outro. Esta última causa pretende abranger situações especiais. A identificação do responsável pelo desvio pode em algumas situações revelar-se difícil, uma vez que a responsabilidade pode ser partilhada ou estar pouco clara.

Burati e Farrington (1987) definem “alteração” como “uma acção directa modificando os requisitos estabelecidos” e “erro” como “qualquer item ou actividade de um sistema que é executado incorrectamente, resultando num desvio”. As alterações só são consideradas quando originam repetição de trabalhos. O QPTS considera pedidos de alteração provenientes de vários intervenientes no projecto de construção, contudo a sua aprovação passa sempre pelo cliente.

Os custos dos desvios são os custos da repetição de trabalhos ocorrida como resultado dos desvios. Porém, nem todos os desvios resultam em repetição de trabalhos, apesar de esta ser a consequência usual dos desvios. Os custos da repetição de trabalhos são de uma forma geral considerados pelas empresas, contudo não costumam ser apresentados de forma independente dos restantes. O QPTS pretende demarcar os custos dos desvios dos restantes custos, para além de proporcionar informação adicional relativamente aos desvios. Apesar Davis *et al.* (1989), que expõem o QPTS, reconhecerem a existência e identificarem a composição dos custos indirectos dos desvios, este sistema não tem como objectivo a sua monitorização.

Inicialmente foi ponderada a classificação dos desvios de acordo com o seu grau de gravidade em imperfeição, não-conformidade ou defeito, porém a reduzida mais-valia desta classificação e a dificuldade na distinção entre não-conformidades e defeitos motivaram a não inclusão desta característica no QPTS.

No que diz respeito à gestão da qualidade, são quantificados os custos incorridos com 15 actividades, não existindo distinção entre as actividades de prevenção e as actividades de avaliação:

- Desenvolvimento de sistemas de qualidade
- Desenvolvimento de programas de qualidade
- Estudos de viabilidade
- Avaliação de empreiteiros/subempreiteiros
- Actividades orientadas para a qualidade
- Qualificação/avaliação de trabalhadores
- Formação de pessoal
- Verificação/revisão formal dos projectos técnicos
- Verificação/revisão formal dos esboços
- Verificação/revisão formal de outros documentos
- Revisão da possibilidade de construção (*constructability*)
- Inspeções/testes de materiais
- Inspeção genérica
- Documentação relativa ao nível de qualidade
- Revisão após a finalização do projecto de construção

No caso de alguma destas actividades de gestão da qualidade ter de ser repetida devido à ocorrência de um desvio, o custo desta repetição deve ser considerado um custo de desvio e não um custo de gestão da qualidade. Esta é uma das principais novidades introduzidas por este sistema de identificação e recolha de custos relacionados com a qualidade.

As 24 categorias de desvios e as 15 actividades de gestão da qualidade definidas no QPTS não retratam exhaustivamente o que ocorre nos projectos de construção. Contudo, na opinião dos autores, este conjunto é suficiente para caracterizar convenientemente os custos relacionados com a qualidade na indústria da construção. Esta opção teve como base as seguintes considerações: abordar apenas os aspectos com influência directa na produtividade

da construção; reduzir ao mínimo o número de itens a avaliar; realizar uma abordagem mais comedida inicialmente, antes de realizar uma avaliação em larga escala.

Apesar de as opções tomadas no que diz respeito às categorias de actividades de gestão da qualidade e de desvios, o QPTS foi concebido para ser dinâmico e adaptável a necessidades específicas, podendo estas categorias ser facilmente alteradas e adaptadas.

2.2.4 Quality Cost Matrix (QCM)

A ausência de um método simples para obter informação relativa às não-conformidades nos locais de construção foi o principal motivo apontado por Abdul-Rahman (1993) para desenvolver a QCM, uma matriz com o objectivo de capturar os custos das não-conformidades durante a fase de construção. Esta matriz permite ainda registar outros custos relacionados com a qualidade, casos dos custos de prevenção e de avaliação, ainda que não seja este o seu principal objectivo. O autor estabeleceu que a matriz deveria ter as seguintes características: simples, flexível, sistemática, pragmática, de fácil compreensão pelos trabalhadores e com capacidade para registar informação relevante.

A fase inicial de desenvolvimento da QCM foi orientada pelas seguintes questões, para as quais este sistema deveria procurar resposta:

- Que categoria de não-conformidade deve ser usada e que actividade de construção é afectada?
- Qual é o problema específico?
- Qual é a causa da não-conformidade?
- Quanto tempo demorou a rectificação do problema?
- Qual é o custo directo de rectificar a situação?
- Existe algum custo indirecto envolvido?

Abdul-Rahman *et al.* (1996) referem um conjunto de documentação utilizada na indústria da construção onde pode ser obtida informação solicitada na matriz: notificações de defeitos (*defect notices*), relatórios diários (*daily reports*), instruções de obra (*site instructions*) e ordens de variação (*variation orders*).

Abdul-Rahman (1995) apresenta um exemplo da QCM preenchida com dados relativos ao caso de estudo abordado nesse artigo. Na Tabela 2 estão patentes os títulos das colunas que compõem a matriz, sendo que a cada linha da matriz corresponde uma não-conformidade detectada.

Tabela 2 - Títulos das colunas da *Quality Cost Matrix* (QCM) (Abdul-Rahman, 1995)

Coluna	Título
A	Categoria do problema
B	Problema específico
C	Data da descoberta do problema
D	Causas do problema
E	Duração extra necessária para corrigir o problema
F	Custo adicional da actividade
G	Custo adicional relacionado com o tempo
H	Qualquer custo adicional
I	Custos de prevenção/avaliação para esta actividade
J	Custo total da qualidade

Os títulos das colunas de A a E são auto-explicativos da informação que deve ser colocada nessas colunas. No caso da coluna A devem ser definidas *a priori* as possibilidades de preenchimento da mesma. A informação requerida nas restantes colunas não é de identificação tão intuitiva, pelo que se fazem os seguintes esclarecimentos:

- Coluna F: custos adicionais com mão-de-obra, materiais ou instalações incorridos na correcção do problema a um ritmo de trabalho normal;
- Coluna G: custo adicional respeitante ao tempo extra necessário para completar a actividade ou custos adicionais do aumento do ritmo do trabalho devido à ocorrência do problema;
- Coluna H: qualquer custo indirecto adicional com a rectificação do problema;
- Coluna I: custo previsto ou efectivamente incorrido na prevenção do problema e/ou na inspecção durante o decorrer da actividade;
- Coluna J: soma de todos os custos relacionados com a qualidade para a actividade em questão (i.e., soma de todos os custos indicados na linha correspondente).

O preenchimento da matriz deve ser feito no estaleiro, podendo o cálculo dos custos ser realizado aí ou na sede da empresa, semanalmente ou no fim do projecto de construção,

consoante o objectivo do exercício. Caso esta informação seja útil para o restante período de construção, recomenda-se que os custos sejam calculados com a maior brevidade possível.

Após a entrevista a dez profissionais da indústria da construção envolvidos na gestão da qualidade, o autor da QCM considerou-a adequada à recolha de informação relacionada com a qualidade nos locais de construção.

2.2.5 Construction Quality Costs Quantifying System (CQCQS)

Low e Yeo (1998) estudaram a importância dos custos relacionados com a qualidade e a forma como estes podem ser capturados nos estaleiros de construção com o objectivo de desenvolver um sistema de quantificação destes custos. O sistema proposto pelos autores denomina-se *Construction Quality Costs Quantifying System (CQCQS)*.

Diversos trabalhos citados por Low e Yeo (1998) defendem que a implementação da norma ISO 9000 possibilita a redução dos custos de operação e a melhoria da qualidade (menor taxa de resíduos/desperdícios e diminuição das repetições de trabalho) e ganho de quota de mercado, porque as necessidades do cliente são satisfeitas. Contudo, os autores referem ser imperativo saber se a implementação desta norma na indústria da construção permite melhorias da qualidade de uma forma dispendiosa ou de uma forma vantajosa, o que é possível através da quantificação dos custos relacionados com a qualidade.

O CQCQS é basicamente uma matriz onde os custos relacionados com a qualidade são registados. Os autores definiram sete componentes para o sistema, que constituem o cabeçalho das sete colunas da matriz:

1. Tipo de custo (prevenção, avaliação, falha interna ou falha externa);
2. Trabalho em questão (e.g., instalação eléctrica, betonagem, escavação);
3. Causa(s) (e.g., acidente, factores externos, erros de construção);
4. Área(s) do problema (e.g., bloco A, bloco B, trabalhos exteriores);
5. Tempo despendido (em horas);
6. Custo incorrido;
7. Referência do registo no estaleiro.

As primeiras quatro componentes são registadas sob a forma de código, existindo uma lista pré-definida de opções. As empresas de construção que utilizarem este sistema podem alterar os códigos predefinidos de acordo com as suas necessidades. Contudo é importante que os códigos se mantenham consistentes para que seja possível realizar uma análise cruzada ou uma comparação entre diferentes projectos e em diferentes momentos.

Para uma instalação mais fácil e menos onerosa do sistema, Low e Yeo (1998) recomendam que o sistema tire partido das folhas de cálculo disponíveis no mercado (e.g., *Microsoft Excel*). Apesar de os programas de base de dados serem mais adequados à compilação de dados, o facto de o pessoal de estaleiro estar mais familiarizado com as folhas de cálculo torna-as mais vantajosas.

Apesar de este sistema quantificar a totalidade dos custos relacionados com a qualidade, é dada especial atenção à identificação das falhas durante a fase de construção (falhas internas). Os supervisores são responsáveis pelo registo das falhas ocorridas durante a fase de construção numa folha própria (*site quality cost record sheet*). O custo de rectificação da falha só deve ser registado quando o director de projecto (*project manager*) considerar suficientes as medidas tomadas para corrigir o problema. Na estimativa do custo das falhas devem ser considerados os materiais, a mão-de-obra e os equipamentos necessários para rectificar o problema.

2.2.6 Project Management Quality Cost System (PROMQACS)

Com o PROMQACS, Love e Irani (2003) pretenderam desenvolver um sistema que desse origem a um *software* que todas as empresas envolvidas num projecto de construção pudessem utilizar. Este sistema foi desenvolvido em parceria com uma empresa de construção pioneira na implementação de sistemas de gestão da qualidade na Austrália.

Apesar de a empresa se ter mostrado interessada em investigar os seus custos relacionados com a qualidade e as causas das falhas, revelou-se relutante em divulgar a informação necessária, em particular a relativa às actividades de prevenção e de avaliação. Este facto levou a que o PROMQACS tenha sido desenvolvido unicamente para a identificação dos custos da repetição de trabalhos (*rework*).

Idealmente os dados inseridos no PROMQACS devem ser centralizados num sistema de informação de gestão de projecto ao qual todas as partes envolvidas tenham acesso. Desta forma este sistema de identificação e recolha dos custos relacionados com a qualidade permitirá obter resultados mais fidedignos. A Figura 2 apresenta um esquema da centralização da informação supracitada para o caso particular de três participantes (A, B e C), num determinado projecto.

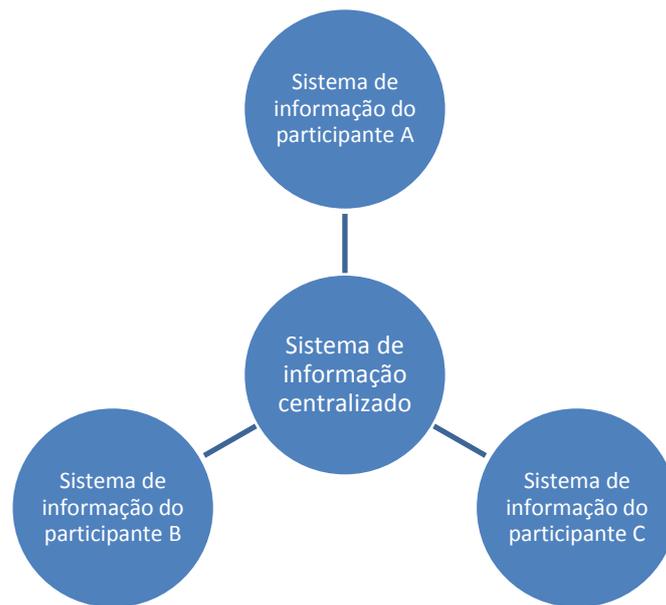


Figura 2 - Ilustração da arquitectura do PROMQACS [baseada numa figura de Love e Irani (2003)]

Love e Irani (2003) dividiram a informação necessária à determinação dos custos da repetição de trabalhos em 6 módulos:

1. Descrição do problema e indicação da data em que este foi registado;
2. Subempreitada onde ocorreu a falha;
3. Responsável pela falha;
4. Quantidade de tempo não-productivo (inactividade e trabalho ineficaz) associado à repetição de trabalhos;
5. Classificação do evento de repetição de trabalho de acordo com a Tabela 3, adaptada de Burati *et al.* (1992) (cada episódio de *rework* pode apenas ser classificado numa única categoria);
6. Determinação do custo directo da repetição de trabalhos.

Tabela 3 - Sistema de classificação da repetição de trabalhos [adaptada de Burati *et al.* (1992)]

Categoria	Tipo	Origem
Projecto	Alteração	Construção
		Cliente/representante cliente
		Ocupante
		Fabricante
		Melhoria
		Desconhecida
	Erro	
	Omissão	
Construção	Alteração	Construção
		Condições do estaleiro
		Cliente/representante cliente
		Ocupante
		Fabricante
		Melhoria
		Desconhecida
	Erro	
	Omissão	
	Dano	

O PROMQACS foi testado em dois projectos de construção cujo empreiteiro foi a empresa que colaborou no seu desenvolvimento. A informação necessária foi obtida em entrevistas, através de observações directas e em documentação diversa.

A limitação mais notória do PROMQACS é a sua reduzida flexibilidade. Esta característica está patente no trabalho intensivo para a introdução de dados e na necessidade de todas as partes envolvidas nos projectos fornecerem informações.

2.2.7 Process Cost Model (PCM)

Inicialmente, Aoieong *et al.* (2002) abordaram os custos relacionados com a qualidade na perspectiva do modelo PAF, à semelhança dos autores referidos anteriormente, tendo-se proposto desenvolver um sistema de identificação e captura de custos relacionados com a qualidade com base nesse modelo. A viabilidade de tal sistema foi analisada através de

entrevistas a 12 pessoas ligadas a empresas de construção de Hong Kong, das quais 9 eram gestores de qualidade e 3 desempenhavam altos cargos de gestão. Todos os entrevistados duvidaram da possibilidade de implementação de tal sistema e, mesmo admitindo a sua implementação, mostraram-se cépticos quanto à sua aplicação prática. Os autores são da opinião que estas dificuldades se devem, provavelmente, à estrutura complexa da indústria da construção. Assim, os autores procuraram desenvolver um modelo de aplicação mais prática para a medição dos custos relacionados com a qualidade na construção.

Considerando que os entrevistados referiram que um sistema de identificação e recolha dos custos relacionados com a qualidade baseado no modelo PAF exige uma grande quantidade de recursos, os autores optaram por desenvolver um sistema mais simples. De acordo com os autores, a abordagem aos custos relacionados com a qualidade proposta na Norma BS 6143, parte 1, que quantifica o custo dos processos, é mais simples, exigindo menos recursos. O objectivo da abordagem pelo custo dos processos é monitorizar e melhorar determinados processos de um projecto de construção, ao invés da totalidade do projecto, o que acontece habitualmente com a abordagem pelo modelo PAF.

De acordo com a Norma BS 6143, parte 1, o custo de um processo é composto pelo custo de conformidade (CC) e pelo custo de não-conformidade (CNC). Esta Norma apresenta as seguintes definições para os custos que compõem os custos dos processos:

- Custos de conformidade (CC): custos inerentes ao fornecimento de produtos ou serviços de acordo com determinadas normas, através de um processo específico de uma forma totalmente eficaz;
- Custos de não-conformidade (CNC): custos do tempo, materiais e recursos associados ao processo que compreende a recepção, produção, expedição e correcção de produtos e serviços insatisfatórios.

A implementação e funcionamento do modelo de custo dos processos (PCM) para a identificação dos custos relacionados com a qualidade na construção são caracterizados pelos seguintes passos:

1. Identificação do processo de construção a melhorar;
2. Identificação dos elementos do processo: *inputs*, *outputs*, controlos e recursos (ver Figura 3);
 - *Inputs*: materiais de construção (são transformados pelo processo em elementos da construção);
 - *Outputs*: produtos finais (produtos conformes, produtos não-conformes, desperdícios e registos de informação)

- Controlos: *inputs* que definem, regulam e/ou influenciam o processo de construção (p.e., procedimentos de construção, planos de trabalho, normas e especificações)
 - Recursos: elementos que contribuem para o processo de construção, mas que não são transformados em *outputs* (p.e., mão-de-obra, equipamentos, materiais não transformados – p.e., cofragens)
3. Identificação das principais actividades do processo (p.e. numa betonagem: colocação das cofragens, colocação das armaduras, colocação do betão, etc.);
 4. Separação das actividades em actividades de conformidade e de não-conformidade;
 5. Selecção dos períodos de recolha de dados;
 6. Recolha dos dados para cálculo dos CC e dos CNC;
 7. Cálculo e análise dos CC e dos CNC e identificação dos pontos a melhorar;
 8. Melhoria do processo em causa.

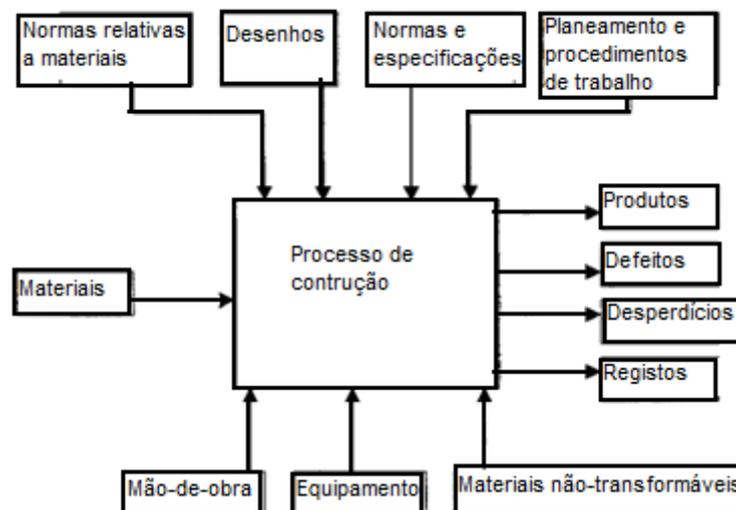


Figura 3 - Modelo típico de um processo de construção (Aoieong *et al.*, 2002)

De acordo com Aoieong *et al.* (2002), o PCM permite uma avaliação regular do desempenho dos processos. Um valor elevado dos CC sugere que o processo precisa de ser reformulado e um valor elevado dos CNC é um indicador de que a redução das falhas deve ser uma prioridade.

Os detalhes deste modelo foram apresentados a 8 profissionais da indústria da construção, tendo sido unânime a opinião de que a sua aplicação é mais viável do que a aplicação do modelo PAF. Dois dos entrevistados, agentes de certificação, referiram que o PCM pode ser

utilizado como uma ferramenta simples de avaliação da melhoria dos processos, um requisito da versão do ano 2000 da ISO 9000.

Uma vez expostos os principais sistemas de identificação e captura dos custos relacionados com a qualidade utilizados na indústria da construção, apresentam-se nas próximas secções deste capítulo estudos que, na sua maioria, procuraram quantificar estes custos. Na secção seguinte são apresentados quatro estudos, publicados na última década, que analisaram a totalidade dos custos relacionados com a qualidade.

2.3 Custos da qualidade vs Custos da não-qualidade

2.3.1 Introdução

Na última década foram realizados trabalhos com o intuito de quantificar os custos relacionados com a qualidade (custos da qualidade e da não-qualidade) na indústria da construção, quer em projectos específicos, quer em empresas de construção. Alguns destes trabalhos, casos de Kazaz *et al.* (2005) e de Rosenfeld (2009), para além desse objectivo, procuraram ainda identificar o valor mínimo destes custos, que corresponde ao nível de investimento óptimo em qualidade, de acordo com a teoria apresentada na introdução deste capítulo.

Hall e Tomkins (2001) pretenderam identificar a totalidade dos custos relacionados com a qualidade num projecto de construção de escritórios em Inglaterra. Para além disso, foi analisada a incidência das falhas num conjunto predefinido de processos de construção, assim como o respectivo custo. Este trabalho distingue-se pelo facto de estimar também as consequências dos atrasos, provocados pelas falhas, em termos de custos do projecto.

A construção de edifícios residenciais na Turquia, com um total de 3100 apartamentos, foi o projecto de construção escolhido por Kazaz *et al.* (2005) para quantificar os custos totais da qualidade. Este trabalho tem a particularidade de avaliar os custos das falhas externas, a partir das respostas a um questionário realizado a ocupantes dos fogos. Os custos totais da qualidade medidos durante a construção dos apartamentos foram ajustados por polinómios de 2º grau, a partir dos quais foi possível estimar o custo total mínimo da qualidade.

A determinação do nível óptimo de investimento em qualidade pelas empresas de construção foi o objectivo do estudo de Rosenfeld (2009). A metodologia utilizada neste trabalho passou pela determinação dos custos da qualidade e da não-qualidade de 8 empresas de construção israelitas, para os quais se realizou uma regressão estatística com o objectivo de modelar estes custos. É ainda de referir que o autor procurou contabilizar os custos escondidos,

intangíveis e indirectos da não-qualidade através da aplicação de factores multiplicativos aos custos das falhas.

Distintamente dos outros trabalhos, que utilizaram o modelo PAF, Tang *et al.* (2004) aplicaram o modelo de custo dos processos (PCM), na sequência do trabalho de Aoieong *et al.* (2002), na avaliação dos custos relacionados com a qualidade de duas obras realizadas em Hong Kong. O processo escolhido pelos autores do trabalho foi a betonagem dos pisos de dois edifícios de habitação e dos maciços de encabeçamento de estacas de uma obra de arte pertencente a uma via de comunicação.

Os trabalhos de investigação agora apresentados são expostos de uma forma mais pormenorizada em seguida.

2.3.2 Apresentação detalhada dos estudos

Hall e Tomkins (2001) apresentaram uma metodologia para determinar os custos totais da qualidade de acordo com o modelo PAF, i.e. os custos de prevenção, de avaliação e das falhas, seguindo a abordagem da Norma BS 6143, parte 2, com algumas modificações, resultantes da experiência do trabalho de Barber *et al.* (2000). O seu estudo adopta a perspectiva de cadeia de fornecimento, com o objectivo de realizar uma análise óptima e integrada.

A metodologia apresentada por Hall e Tomkins (2001) foi aplicada num projecto de construção de escritórios, de baixa complexidade técnica, no sul de Inglaterra. A escolha deste projecto deveu-se aos seguintes motivos:

- O envolvimento dos projectistas foi facilitado, uma vez que o empreiteiro geral tinha a seu cargo a elaboração dos projectos técnicos e a realização dos trabalhos de construção (*design and build contract*);
- A dimensão do projecto era relativamente pequena e a sua execução envolvia poucos desafios técnicos, o que se traduzia em menos riscos para a empresa de construção, facilitando, assim, a sua colaboração no estudo;
- A equipa de obra (*site staff*) e o dono de obra demonstraram um grande interesse em participar no estudo, um requisito fundamental, na medida em que estes teriam de obter e fornecer a maioria dos dados necessários neste estudo.

A equipa de obra foi responsável pelo registo dos incidentes ocorridos durante a fase de construção (falhas internas) em folhas próprias (denominadas *logsheets*). Nestas folhas eram ainda indicados os custos dos recursos (mão-de-obra, materiais e instalação) utilizados na

correção das falhas, assim como outros tipos de gastos, a partir dos quais foram calculados os custos de cada falha. No âmbito deste trabalho, falha de qualidade foi definida como “qualquer incidente que impeça a continuação do processo de construção”, podendo esta ser uma consequência de trabalhos que não decorram como planeado ou de actividades que não produziram os resultados esperados.

Outra das responsabilidades da equipa de obra foi a compilação da informação necessária à identificação da causa das falhas. Os incidentes foram classificados num dos seguintes processos de construção:

- Trabalhos preliminares
- Demolições
- Trabalhos no solo e subestrutura
- Estrutura
- Envolvente externa
- Actividades de construção interiores
- Instalações mecânicas e eléctricas
- Cobertura
- Acabamentos
- Trabalhos exteriores

Os critérios adoptados na escolha destes processos de construção foram a sua natureza genérica e a sua utilidade para o empreiteiro geral, que pretendia comparar os resultados deste projecto com os de outros projectos da sua responsabilidade.

Para além da informação obtida através da experiência e observação directa de indivíduos, parte da informação necessária foi adquirida através de diversas fontes documentais. A informação que permitiu estimar os custos de prevenção e avaliação do projecto foi uma delas, tendo o mapa de quantidades (*bill of quantities*) sido uma fonte de informação preponderante.

Durante a fase de construção foram detectados 180 incidentes, contudo 14 destes não foram considerados para análise, o que perfaz um total de 166 falhas. Assim, em média, foram detectados 4,3 incidentes por semana, durante as 38 semanas de construção. Os incidentes foram distribuídos por 5 categorias de custo, de acordo com o custo estimado da sua rectificação (Tabela 4).

Tabela 4 - Distribuição das falhas de qualidade de acordo com o seu custo (Hall e Tomkins, 2001)

Categoria (£)	Número de incidentes	Custo total dos incidentes (£)	Custo médio por incidente (£)
1-500 (muito pequena)	129	23 913	185
501-1000 (pequena)	18	12 374	687
1001-5000 (média)	15	29 194	1 946
5001-10000 (grande)	2	16 141	8 071
10001+ (muito grande)	2	53 518	26 759
Total	166	135 140	814

A maioria das falhas (147) foi considerada, em termos de custos, pequena ou muito pequena, perfazendo no seu conjunto apenas 27% do custo total das falhas. Como pode ser constatado na Tabela 4, a maior contribuição para o custo total das falhas foi dado pelas 4 falhas classificadas como grandes ou muito grandes, uma vez que totalizaram 52% desse valor.

Hall e Tomkins (2001) depararam-se com dificuldades em classificar algumas actividades como actividades de prevenção ou como actividades de avaliação. Esta dificuldade já havia sido detectada anteriormente, merecendo referência na Norma BS 6143. Com o propósito de evitar classificações incorrectas, os autores do estudo criaram a categoria “outra” na qual foram classificadas as actividades em que existiu a dúvida da sua classificação como actividade de prevenção ou de avaliação.

Em comparação com o valor do contrato (*contract sum*), as falhas de qualidade custaram 5,84% desse valor enquanto as actividades de prevenção e de avaliação somaram 12,68%. Deve, contudo, ser sublinhado que as falhas consideradas são apenas aquelas detectadas internamente, antes de a obra ser entregue ao cliente. O facto de os custos de prevenção e avaliação serem superiores aos custos das falhas é contrário à constatação de Burgess (1996) e Kamlesh e Peter (1998). Estes autores realizaram análises comparativas dos custos da qualidade e da não-qualidade entre indústrias e os custos da não-qualidade revelaram-se sempre superiores aos custos da qualidade.

O confronto do custo da reparação das falhas em cada processo de construção com o custo total de cada processo revela que os “trabalhos no solo e subestrutura” e os “acabamentos” foram os processos de construção em que as falhas tiveram o maior peso no custo final de cada processo. No extremo oposto encontra-se o processo de “demolições”. Relativamente ao

número de falhas, foi na categoria “envolvente externa” que foram identificadas mais falhas (41), contudo o custo da sua reparação foi relativamente pequeno quando comparado com o custo total dos trabalhos nessa categoria. Inclusivamente, o custo médio das falhas dos trabalhos nesta categoria é inferior ao das restantes categorias consideradas. No que diz respeito às actividades de prevenção e avaliação, foi nos “trabalhos preliminares” e nos “trabalhos no solo e subestrutura” que estas actividades tiveram um maior peso em termos de custos.

A Figura 4 apresenta os custos das falhas por mês (barras) e a evolução do seu valor acumulado (linha) ao longo de todo o período de construção. Durante este período os custos aumentaram a um ritmo aproximadamente constante, com excepção dos últimos dois meses onde se denota um crescimento muito mais acentuado.

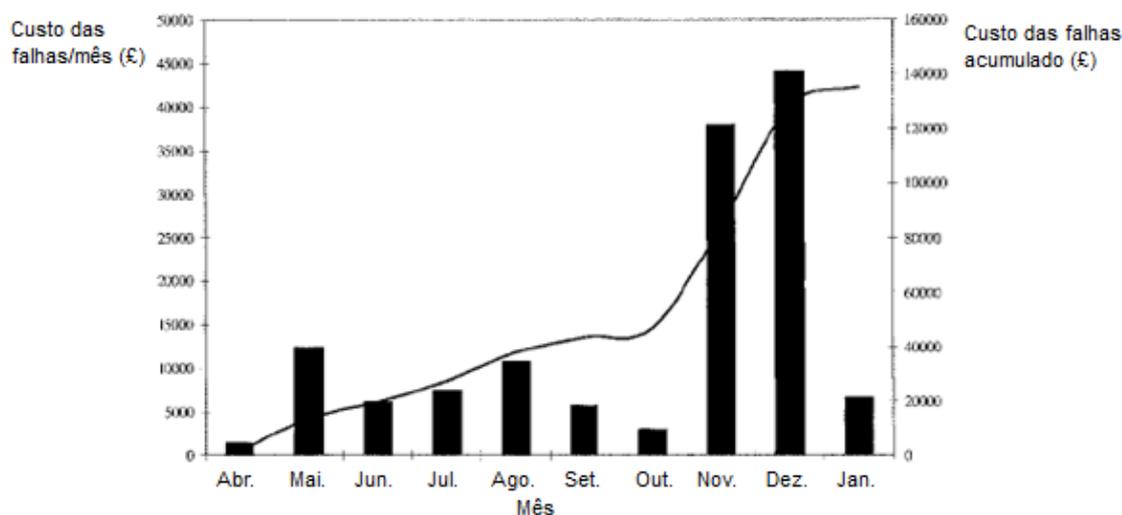


Figura 4 - Distribuição do custo das falhas de qualidade durante a fase de construção (Hall e Tomkins, 2001)

Hall e Tomkins (2001) propõem as seguintes explicações para o crescimento mais acelerado dos custos das falhas durante os últimos dois meses: em primeiro lugar os acabamentos, trabalhos em que as falhas tiveram custos elevados, decorreram na fase final da construção; depois, a supervisão dos trabalhos de construção foi atenuada na fase final da construção, uma vez que o pessoal começou a ser colocado noutros projectos, propiciando o aparecimento de mais erros; finalmente, dois dos maiores incidentes ocorreram neste período, embora fossem problemas “latentes” da fase inicial da construção, quando decorreram os trabalhos no solo, pelo que a fase final da construção foi apenas o momento da sua manifestação.

O custo dos atrasos provocados pelas falhas durante a fase de construção foi estimado neste trabalho. Esta avaliação só foi efectuada para as falhas ocorridas nas actividades pertencentes

ao caminho crítico do plano de trabalhos. Foram ponderadas duas abordagens para esta questão: estimar o custo de cada dia de atraso, com base no valor compensatório contratualizado (*liquidated and ascertained damages* – LADs) ou estimar o custo da aceleração do trabalho para garantir que a obra é terminada dentro do prazo estabelecido no contrato. A decisão recaiu na segunda opção, pois foi considerada a que melhor reflecte o que ocorreu na realidade. Desta forma o custo dos atrasos foi estimado em 1,11% do custo do projecto (*project cost*), o que significa que o custo directo das falhas foi 4,73% do custo do projecto.

Outro dos objectivos de Hall e Tomkins (2001) era conhecer as causas das falhas detectadas. Foram definidas 7 categorias para a origem das falhas. A distribuição das falhas nestas categorias, em termos de frequência e de custos da sua correcção é apresentada na Tabela 5. Importa apresentar alguns esclarecimentos em relação às categorias, para que não existam dúvidas quanto ao âmbito das mesmas. A categoria “pessoal” refere-se a falhas de indivíduos em particular, podendo estas ocorrer, por exemplo, por negligência, falta de formação, má execução ou doença. Na categoria “força maior” foram colocadas as falhas provocadas por condições que não são controladas por qualquer indivíduo, casos das condições meteorológicas e das condições do solo ou ainda a acção de terceiros. A última nota vai para o facto de a categoria “fornecedores” abranger as falhas com origem nos fornecedores e nos subempreiteiros.

Tabela 5 - Análise das causas das falhas de qualidade (Hall e Tomkins, 2001)

Causa	Número de falhas	Percentagem	Custo dos incidentes (£)	Percentagem
Comunicações	15	9,04	4746	3,51
Instalação e equipamento	21	12,65	4439	3,28
Pessoal	37	22,29	24155	17,87
Projecto/Concepção	18	10,84	7859	5,82
Gestão/Administração	26	15,66	17405	12,88
Fornecedores	46	27,71	74368	55,03
Força maior	3	1,81	2168	1,60
Total	166		135139	

Os autores mostraram surpresa pelo facto de a categoria “fornecedores” não ter uma maior percentagem do número total de falhas, apesar de ser nesta categoria que reside a maioria dos custos das falhas (55,03%). A admiração dos autores prende-se com o facto de muito do trabalho ter sido subcontratado. Contudo é necessário ter em consideração que incidentes incluídos na categoria “pessoal” podem ter sido responsabilidade dos empregados dos

subempreiteiros, uma vez que não é feita distinção das falhas desta categoria por proveniência do indivíduo responsável.

Representantes de vários intervenientes no projecto (dono de obra, empreiteiro geral, principais subempreiteiros e fornecedores, etc.) participaram numa sessão para analisar as causas de uma selecção das falhas de qualidade ocorridas no projecto alvo de análise. Esta sessão permitiu identificar um conjunto de questões que necessitam ser melhoradas para que o custo das falhas possa ser reduzido. Destacam-se os seguintes pontos:

- Selecção mais cuidadosa de fornecedores e subempreiteiros;
- Envolvimento mais atempado e mais próximo por parte do empreiteiro geral na fase de projecto, tendo em maior consideração a facilidade/possibilidade de execução do projecto (isto no caso em que o empreiteiro geral seja responsável pelo projecto e pela construção – *design and build contract*);
- Passagem de informação mais eficaz da fase de planeamento para as fases de projecto e de construção;
- Maior envolvimento dos fornecedores e subempreiteiros na fase de projecto (o que significa um comprometimento mais cedo do que é habitual por parte do empreiteiro geral com esses intervenientes);
- Identificação de erros comuns e recorrentes, permitindo orientar os esforços do pessoal presente no estaleiro;
- Melhor avaliação das necessidades de formação dos empregados dos fornecedores e subempreiteiros e definição em conjunto com essas empresas dos objectivos da formação, assim como verificação da consecução desses objectivos;
- Definição de uma estratégia de longo prazo para a redução da cultura de complacência identificada entre os fornecedores.

Segundo Hall e Tomkins (2001), os resultados apresentados não são completamente fidedignos, visto que em algumas áreas é possível que a informação recolhida esteja incompleta e que as implicações das falhas em toda a cadeia de fornecimento não tenham sido totalmente avaliadas. Um dos motivos para esta percepção é o facto de ter sido impossível para a equipa de trabalho do estaleiro avaliar exaustivamente as implicações das falhas para os fornecedores e subempreiteiros. A análise realizada neste trabalho falha ainda ao não considerar as falhas de qualidade durante a fase de projecto, o que se torna ainda mais significativo pelo facto de a empresa de construção ter sido também responsável pela elaboração dos projectos técnicos.

O trabalho de Kazaz *et al.* (2005) teve como objectivo a quantificação da totalidade dos custos relacionados com a qualidade, de acordo com o modelo PAF, num projecto de construção de edifícios de habitação na Turquia. No total foram construídos 3100 fogos, dos quais 2200 fogos em edifícios de grande altura (edifícios com 5 ou mais pisos), 200 fogos em edifícios de média altura (edifícios com 3 ou 4 pisos) e 700 fogos em edifícios de pequena altura (edifícios com 2 pisos). Todos os edifícios foram construídos pela mesma empresa de construção, em parceria com 7 subempreiteiros e diversos fornecedores. O empreiteiro geral é uma empresa de construção de renome na Turquia, mas que não possuía na altura nenhuma certificação de qualidade internacional.

A informação relativa às acções de prevenção e avaliação foi facultada pelo gestor de projecto e pelos medidores orçamentistas (*quantity surveyors*) do empreiteiro e subempreiteiros, tendo sido obtida, maioritariamente, dos registos das empresas. A informação necessária à estimativa dos custos das falhas internas foi fornecida pelos engenheiros de obra e pelo director de obra, com base na observação directa no estaleiro.

Kazaz *et al.* (2005) estimaram o custo das falhas externas, o que não aconteceu no trabalho de Hall e Tomkins (2001). Para efectuar esta estimativa foi realizado um questionário presencial a habitantes dos fogos. Foram realizados 655 questionários com a seguinte distribuição pelos 3 tipos de edifícios: 450 a habitantes de edifícios de grande altura, 55 a habitantes de edifícios de média altura e 150 a habitantes de edifícios de pequena altura. Para que o valor do custo das falhas externas fosse o mais fidedigno possível, uma das características que o respondente ao questionário tinha de possuir era a de habitar continuamente a habitação há pelo menos 5 anos, uma vez que, segundo a legislação turca, o construtor é responsável pelas falhas que ocorrem nos primeiros 5 anos após a construção. Os autores tiveram a preocupação de perceber se as falhas identificadas pelos respondentes foram, ou não, da sua responsabilidade.

Importa lembrar que Kazaz *et al.* (2005) se referem à totalidade dos custos relacionados com a qualidade, isto é, ao conjunto dos custos da qualidade e das falhas (não-qualidade), como “custos totais da qualidade”.

Os custos da qualidade e os custos das falhas foram ajustados por polinómios do 2º grau, através do método dos mínimos quadrados:

$$y = C_0 + C_1x + C_2x^2$$

Nesta equação a variável y representa o custo (da qualidade e das falhas) e a variável x representa o nível de qualidade/conformidade alcançado.

Uma vez que os erros padrão das várias curvas de ajustamento não são estatisticamente significativos, concluiu-se que a escolha de polinómios de 2º grau para o ajustamento dos dados obtidos através da pesquisa foi aceitável e que todos os pontos são adequadamente representados pelas equações.

Foram obtidas três curvas de ajustamento para cada um dos três tipos de edifícios analisados: curva do custo da qualidade, curva do custo das falhas e curva do custo total da qualidade. Para realizar o ajustamento, o custo da qualidade mais reduzido e o custo das falhas mais elevado, de entre os custos estimados nesta investigação, foram associados a 0% de conformidade, enquanto o custo da qualidade mais elevado e o custo das falhas mais reduzido foram associados a 100% de conformidade. Estas correspondências são discutíveis, uma vez que não há garantia de que os valores extremos dos custos identificados nesta investigação correspondam ao nível de conformidade a que foram associados.

Os resultados da investigação conduzida por Kazaz *et al.* (2005) mostraram que o menor valor encontrado para o custo das falhas foi zero, algo que ocorreu nos 3 tipos de edifícios considerados. Isto significa que em alguns fogos não existiram falhas de qualidade, o que mostra que é possível construir sem falhas de qualidade.

Quer os custos da qualidade, quer os custos das falhas variaram entre os vários fogos. O nível de qualidade (percentagem de defeitos ou, inversamente, de conformidade) teve também uma variação considerável, não apenas de edifício para edifício, mas inclusivamente entre os fogos do mesmo edifício. Esta variação do nível de qualidade era à partida inesperada, uma vez que se tratou de um projecto de construção em massa, em que todos os edifícios têm características semelhantes.

Os custos da qualidade foram superiores aos custos das falhas nos três grupos de edifícios considerados, algo que já tinha ocorrido no trabalho de Hall e Tomkins (2001). As percentagens destes dois tipos de custos foram semelhantes nos três conjuntos de edifícios considerados, como se pode constatar na Figura 5. Em média, os custos totais da qualidade foram compostos por 64,18% de custos da qualidade e por 35,82% de custos das falhas. Para os custos das falhas, quer internas, quer externas, foram considerados unicamente os custos da repetição de trabalhos.

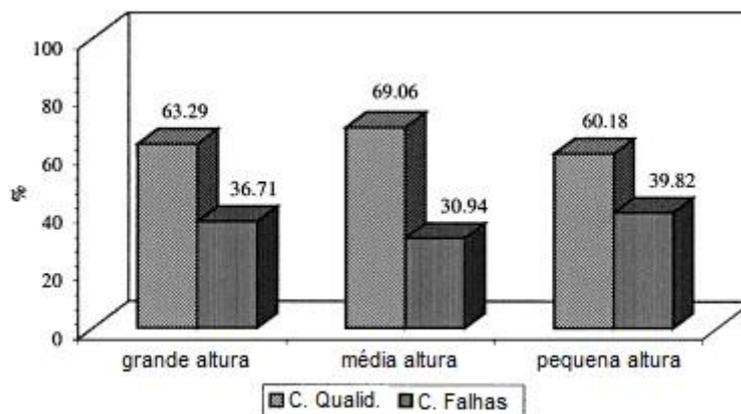


Figura 5 - Composição dos custos totais da qualidade nos três tipos de edifícios construídos (Kazaz *et al.*, 2005)

Em relação ao custo total para o cliente, os custos das falhas foram, em média, 11,53% desse valor e os custos da qualidade foram, em média, 20,83%. A soma destes valores é de 33,36% do custo total para o cliente, um valor muito elevado, na opinião dos autores do trabalho. A apresentação dos custos totais da qualidade em percentagem do custo total para o cliente deve-se ao facto de as reparações das falhas externas serem normalmente efectuadas pelos residentes (clientes), mesmo aquelas que são responsabilidade dos construtores, algo que segundo os autores ocorre com maior frequência nos países em desenvolvimento. O referencial utilizado neste trabalho para os custos difere do da maioria dos estudos sobre os custos relacionados com a qualidade, nos quais estes custos são apresentados como percentagem dos custos para os empreiteiros.

Kazaz *et al.* (2005) procuraram ainda identificar o ponto mínimo das curvas de ajustamento dos custos totais da qualidade, para os 3 tipos de edifícios considerados. Esse objectivo foi alcançado através da derivada em ordem a x , isto é, em ordem ao nível de qualidade/conformidade, da função que define essas curvas. Para os edifícios de grande altura, o custo total óptimo (mínimo) da qualidade é de 16,75% do custo total para o cliente. No caso dos edifícios de média altura este valor é de 24,96% e para os edifícios de pequena altura é de 24,75%. Estes resultados devem, contudo, ser vistos com cautela face à opção, referida anteriormente, de associar os custos mais elevados e mais reduzidos obtidos na investigação aos níveis de qualidade extremos.

Algumas teorias acerca dos custos relacionados com a qualidade defendem que o ponto onde convergem as curvas do custo da qualidade e do custo das falhas (denominado “ponto de convergência”) e o ponto mínimo do custo total da qualidade (denominado “ponto mínimo”) estão sobre a mesma linha vertical imaginária (ver Figura 1), isto é, têm o mesmo nível de qualidade/conformidade. Contudo, esta situação não se verifica neste estudo e a prática, no geral, mostra que esse comportamento não é o mais comum. Ou seja, é mais frequente que o

ponto de convergência e o ponto mínimo tenham abcissas distintas. No caso de o ponto mínimo se encontrar à esquerda do ponto de convergência, o que ocorre neste caso de estudo para os três tipos de edifícios, o custo das falhas é superior ao custo da qualidade, para o nível de qualidade correspondente ao ponto óptimo do custo total da qualidade. Na situação inversa (ponto mínimo à direita do ponto de convergência), é gasto mais dinheiro no controlo da qualidade da construção (custos da qualidade) do que na correcção de falhas para o nível de qualidade correspondente ao ponto mínimo da curva dos custos totais da qualidade.

O trabalho realizado por Kazaz *et al.* (2005), na sua opinião, teve essencialmente o mérito de mostrar que o método PAF pode ser aplicado com sucesso em projectos de construção e que as curvas que tradicionalmente representam os custos da qualidade e os custos das falhas na indústria fabril são também válidas para os projectos de construção.

Rosenfeld (2009) teve como objectivo determinar o nível óptimo de investimento em qualidade pelas empresas de construção, quantificando para o efeito os quatro tipos de custos relacionados com a qualidade, estabelecidos pelo modelo PAF, em 8 empresas de construção de edifícios israelitas certificadas segundo a norma ISO 9000. Os custos foram expressos em percentagem das receitas de cada uma das empresas. As empresas participantes no estudo foram as únicas que acederam colaborar, de um total de 30 empresas convidadas. Destas 8 empresas, de acordo com os critérios da Tabela 6, 3 são de grande dimensão, 3 são de média dimensão e 2 são de pequena dimensão. Por questões de confidencialidade, as empresas foram designadas por letras, de A a H.

Tabela 6 - Critérios para classificação das empresas no que respeita à sua dimensão (Rosenfeld, 2009)

Categoria de dimensão	Volume de negócios anual em NIS (Novo Shekel Israelita)	Número de projectos em simultâneo
Pequena empresa	< 50 milhões	1-2
Media empresa	50 – 100 milhões	3-10
Grande empresa	> 100 milhões	> 10

Os resultados da investigação de Rosenfeld (2009) não mostram qualquer relação entre a dimensão da empresa ou a sua maturidade em termos de certificação ISO 9000 com os seus custos relacionados com a qualidade. Recorde-se que a expressão “custos relacionados com a qualidade” denota o conjunto dos “custos da qualidade” (prevenção e avaliação) e dos “custos da não-qualidade” (falhas internas e externas).

No que diz respeito aos custos da não-qualidade, duas das empresas (B e C) revelaram ter gastos de, aproximadamente, o dobro da média das restantes empresas. Concretamente, as empresas B e C tiveram custos da não-qualidade de cerca de 4% contra os cerca de 2% das outras empresas participantes no estudo. De acordo com os critérios da Tabela 6, das empresas B e C, uma é de grande dimensão e a outra é de média dimensão. Segundo o autor, um dos motivos para estas duas empresas apresentarem um custo com as falhas superior ao das restantes pode residir no facto do seu investimento em qualidade (prevenção e avaliação) ser inferior, em termos percentuais, ao das restantes empresas. Os resultados deste trabalho mostram que as empresas B e C foram as únicas cujos gastos em qualidade não passaram de 1% das suas receitas totais.

No que concerne ao total dos custos relacionados com a qualidade, as empresas B e C tiveram custos de cerca de 5%, enquanto as restantes empresas ficaram pelos 4%. Apesar da diferença destes custos entre o grupo formado pelas empresas B e C e o grupo formado pelas restantes empresas parecer diminuta, cerca de 1%, existem estudos que referem que o lucro característico de uma empresa de construção é de aproximadamente 5% das receitas, o que torna esta diferença um valor significativo. O diagrama de dispersão apresentado na Figura 6 mostra o custo de cada empresa com a qualidade (eixo dos xx) e com a não-qualidade (eixo dos yy). Este diagrama evidencia de uma forma clara a existência dos dois grupos de empresas referidos anteriormente.

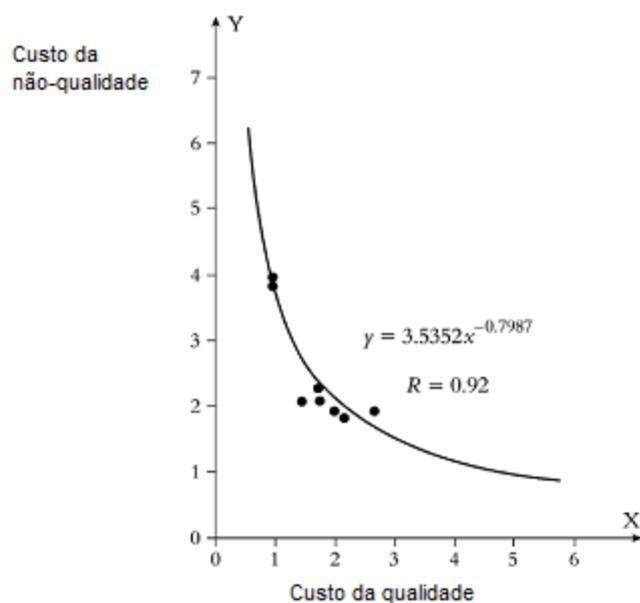


Figura 6 - Custo da qualidade (X) vs. Custo da não-qualidade (Y) em percentagem das receitas de cada empresa (Rosenfeld, 2009)

Na Figura 6, para além da representação dos custos da qualidade e da não-qualidade de cada empresa, é apresentada a curva de regressão que pretende modelar a relação entre estas duas variáveis. Note-se que um gasto crescente em medidas de qualidade não se traduz numa redução contínua do total dos custos relacionados com a qualidade. Dois exemplos permitem esta conclusão. De acordo com a curva de regressão da Figura 6, a um custo da qualidade de 2% corresponde um custo da não-qualidade de aproximadamente 2%. Assim, o custo total relacionado com a qualidade é de cerca de 4%. Na situação em que o custo da qualidade é aumentado para 4%, o custo da não-qualidade é ligeiramente superior a 1%, perfazendo um custo total relacionado com a qualidade de cerca de 5%. A partir de um certo valor, o aumento dos gastos em qualidade traduz-se em pequenos decréscimos dos custos da não-qualidade. De forma análoga, quando os custos da qualidade tendem para zero, o valor dos custos da não-qualidade tem um crescimento muito acentuado. Estas constatações apontam para a existência de um ponto mínimo dos custos totais relacionados com a qualidade.

A função representada na Figura 7 foi obtida com o objectivo de determinar esse ponto mínimo. Neste caso o custo da qualidade mantém-se como variável independente (X) mas a variável dependente passa a ser o total dos custos relacionados com a qualidade (Z).

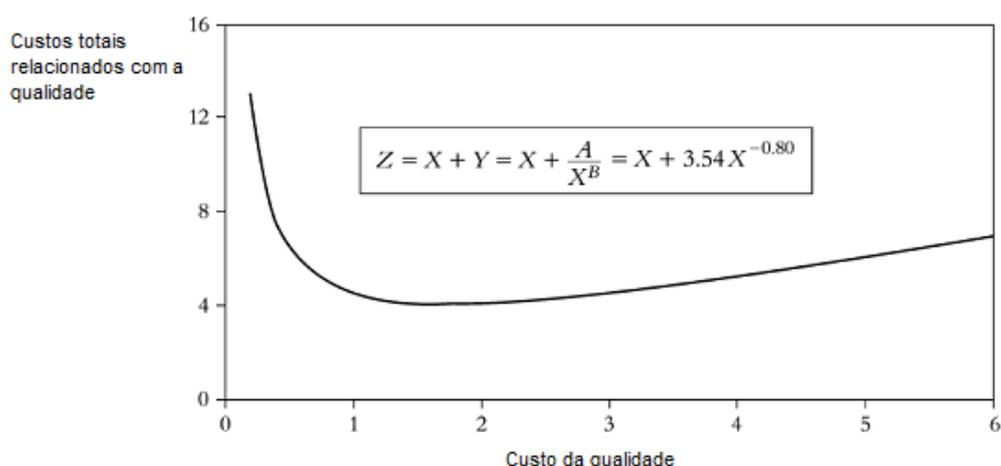


Figura 7 - Custos totais relacionados com a qualidade (Z) vs. Custo da qualidade (X) em percentagem das receitas de cada empresa (Rosenfeld, 2009)

O novo gráfico apresentado na Figura 7 exhibe claramente um ponto mínimo, correspondente a um custo da qualidade (X) de 1,8% e a um custo total relativo à qualidade (Z) de 4,05%.

Uma vez que os custos da não-qualidade quantificados não incluem os custos escondidos, intangíveis e indirectos das falhas, o autor procurou obter uma estimativa para estes últimos. De acordo com Feigenbaum (1991), para que os custos da não-qualidade sejam verosímeis os valores quantificados em avaliações tangíveis devem ser multiplicados por factores substanciais. Rosenfeld (2009) optou por aplicar um factor de 2 nos custos das falhas internas

e um factor de 4 nos custos das falhas externas. No caso das falhas internas, o factor de 2 é puramente empírico, partindo do pressuposto de que os custos indirectos das falhas internas têm uma magnitude idêntica à dos custos directos. Contudo, o factor multiplicativo dos custos das falhas externas resultou da estimativa estatística de que uma falha externa grave tem um custo de correcção na ordem dos 20.000 NIS, enquanto a perda de um potencial cliente acarreta uma perda de lucro futuro de, no mínimo, 60.000 NIS. Considerando que uma falha externa grave é suficiente para a empresa perder um futuro cliente, em vez de um custo de 20.000 NIS, relativo à correcção da falha, a empresa perde 80.000 NIS, um valor 4 vezes superior, de onde resulta o factor multiplicativo do custo das falhas externas. A aplicação destes factores leva os custos da não-qualidade das empresas B e C a passar de 4% para próximo dos 13-14% e os das restantes empresas a aumentar de cerca de 2% para entre os 5 e os 8%. À semelhança do que foi realizado anteriormente, foi calculado o valor óptimo de investimento em qualidade para a situação em que se consideram os custos escondidos, indirectos e intangíveis da não-qualidade. Deste cálculo resultou um custo óptimo em acções de qualidade de aproximadamente 3,7% do valor das receitas da empresa.

Como é facilmente perceptível, a estimativa efectuada para os custos indirectos da não-qualidade não é a mais segura, baseando-se em pressupostos empíricos. Desta forma, a única conclusão sólida que pode ser extraída sobre o nível óptimo de investimento em qualidade é a que foi retirada da situação em que apenas se consideram os custos directos e tangíveis. Ou seja, o nível óptimo de investimento em qualidade deve ser, no mínimo, de 2% das receitas das empresas de construção.

Na sequência do trabalho de Aoieong *et al.* (2002), apresentado na secção anterior, Tang *et al.* (2004) aplicaram o modelo de custo dos processos (PCM) na captura dos custos relacionados com a qualidade de dois projectos de construção em Hong Kong, cujas características se apresentam:

Caso de estudo 1: dois blocos residenciais de 38 pisos cada um, totalizando 760 unidades residenciais;

Caso de estudo 2: obra pública de 800m de estrada, com uma via para cada sentido, incluindo obras acessórias.

De acordo com Aoieong *et al.* (2002), o PCM pode ser aplicado a qualquer processo de construção. Tang *et al.* (2004) analisaram o processo de betonagem, em ambos os projectos, por ser o mais comum e do qual existe um maior conhecimento. No caso de estudo 1 foi avaliado o custo do processo de betonagem de 18 pisos-tipo (do piso 21 ao 38) e no caso de

estudo 2 foi estimado o custo do processo de betonagem de 30 maciços de encabeçamento de estacas de uma obra de arte.

O custo de conformidade (CC) neste trabalho foi o custo inerente à elaboração de elementos de betão em adequadas condições, de acordo com os requisitos estabelecidos. Este custo foi composto pelos custos de mão-de-obra, dos materiais e dos equipamentos necessários à execução dos elementos de betão. No custo de não-conformidade (CNC) foram incluídos os custos de tempo, materiais e recursos desperdiçados e ainda qualquer outro custo associado à rectificação de produtos de betão insatisfatórios.

Foi identificado o CNC das seguintes actividades: A) colocação de cofragem; B) colocação das armaduras; C) colocação do betão.

Em cada um dos projectos, a informação sobre o CC foi fornecida pelo medidor orçamentista (*quantity surveyor*), tendo sido obtida da documentação contratual. Os dados relativos ao CNC foram fornecidos pelo engenheiro de obra e pela fiscalização (*resident engineer*), dado que estes tinham a possibilidade de registar convenientemente os defeitos durante as suas inspecções de rotina às obras.

No que diz respeito à “colocação de cofragem”, é expectável que surjam custos de reparação significativos resultantes de pequenos erros na marcação do seu posicionamento (*setting out*) e de ligeiros movimentos das cofragens após a sua colocação. De acordo com as observações dos autores, os defeitos típicos na colocação das cofragens foram causados frequentemente pelo deficiente apoio das cofragens, com estas a sofrerem ligeiros movimentos durante a colocação do betão. A avaliação do CNC nesta actividade baseou-se numa estimativa de 2h para a reparação de cada não-conformidade e no valor da mão-de-obra de HK\$90 por hora.

Um elemento da fiscalização da obra do caso de estudo 2 informou que a supervisão rigorosa da colocação e alinhamento das cofragens dos maciços de encabeçamento de estacas minimizou os problemas de “colocação de cofragens”. Por este motivo não foi estimado o custo das não-conformidades na colocação de cofragem no caso de estudo 2.

Relativamente ao CNC na “colocação das armaduras”, devido à insuficiência de recursos humanos, a sua estimativa teve em conta unicamente os defeitos encontrados durante a inspecção realizada antes da colocação do betão. Para o efeito foi compilada uma lista de irregularidades habitualmente encontradas no posicionamento de armaduras de betão armado. Para o cálculo do custo destas não-conformidades utilizou-se o número de irregularidades no posicionamento de armaduras, o tempo efectivo de rectificação de cada irregularidade e o valor para o custo horário da mão-de-obra de HK\$120.

O engenheiro de obra do caso de estudo 1 revelou que geralmente a não-conformidade mais frequente relativa à “colocação do betão” é o aparecimento de “ninhos” (*honeycombs*) devido à má compactação do betão. Os “ninhos” foram classificados em Tipo 1 e Tipo 2, de acordo com a sua severidade, sendo esta superior no Tipo 2. Mais uma vez, a estimativa do CNC foi realizada utilizando o valor horário da mão-de-obra (HK\$90), o número de não-conformidades detectadas que necessitaram de reparação, de acordo com os critérios da fiscalização, e a duração característica da reparação dos “ninhos” de cada tipo, superior para os de Tipo 2, devido à sua maior gravidade. As não-conformidades na colocação do betão foram ignoradas no caso de estudo 2. Um elemento da fiscalização desse projecto afirmou que a execução dos maciços de encabeçamento é simples e que estes elementos construtivos não têm as condições particulares que favorecem o aparecimento de “ninhos” (i.e., congestionamento de armaduras e espaço livre reduzido).

O custo do processo de betonagem dos pisos do caso de estudo 1 foi composto, em média, por 99,48% de CC e por 0,52% de CNC. O CNC variou entre 0,39 e 0,65% do custo total do processo. Por falta de dados, o custo do processo de betonagem do piso 30 não foi estimado. Segundo os autores, o CNC foi quase insignificante porque os trabalhadores que procederam à reparação do betão e das armaduras eram altamente qualificados e porque foram utilizadas cofragens de alumínio, que provocam, habitualmente, menos defeitos do que as de madeira.

De acordo com os dados compilados, o custo médio do processo de betonagem de cada maciço de encabeçamento de estacas foi composto por 99,75% de CC e por 0,25% de CNC. Com excepção do maciço 1 (3,55%) e do maciço 2 (1,95%), o custo de não-conformidade variou entre os 0,02 e os 0,22% do custo do processo de betonagem. O facto de os custos de não-conformidade dos 28 maciços serem reduzidos deve-se, na opinião dos autores, à simplicidade da sua construção, ao relativamente extenso período de tempo entre a construção de cada um deles, existindo assim tempo suficiente para a sua correcta construção, e à apertada supervisão de que foi alvo este processo de construção, por se tratar de uma obra pública.

O facto de se terem registado as não-conformidades no posicionamento das armaduras exclusivamente na inspecção final é um indício de que o CNC foi subestimado, dado que em inspecções anteriores a essa provavelmente terão sido detectadas não-conformidades que necessitaram de rectificação. Outra observação importante prende-se com o facto de os empreiteiros saberem que o projecto iria ser acompanhado por terceiros para a elaboração deste estudo, o que os poderá ter deixado mais cautelosos e mais atentos à qualidade do seu trabalho do que seria habitual.

Tang *et al.* (2004) apresentam o custo médio do processo de betonagem de cada piso, para o caso de estudo 1, e de cada maciço de encabeçamento, para o caso de estudo 2. Esses

valores não são aqui transcritos uma vez que se tratam de valores absolutos e, portanto, não possibilitam a sua comparação com outros estudos. Contudo, é de sublinhar o facto de os custos dos processos de betonagem estudados serem compostos praticamente apenas por custos de conformidade.

Termina assim a exposição dos estudos que avaliaram a totalidade dos custos relacionados com a qualidade, quer na perspectiva de confrontar as parcelas de “qualidade” e de “não-qualidade”, quer na perspectiva de avaliar o nível de investimento óptimo em acções de qualidade com vista à minimização do total dos custos relacionados com a qualidade.

A próxima secção dedica-se à apresentação dos estudos que abordaram especificamente o tema da não-qualidade, que é a questão central da presente dissertação.

2.4 Custos da não-qualidade

2.4.1 Introdução

Nesta secção são apresentados trabalhos cujo tema é especificamente a não-qualidade, ao contrário da secção anterior em que foram apresentados trabalhos relativos à totalidade dos custos relacionados com a qualidade, ou seja, custos da qualidade e custos da não-qualidade. Como anteriormente referido, nestes trabalhos são utilizadas designações diferentes para “não-qualidade”.

Burati *et al.* (1992) estudaram nove projectos de construção industrial para detectar os custos e as causas dos “desvios de qualidade”. Estes desvios foram classificados por área, por tipo e, no caso dos desvios do tipo “alteração”, por origem. A estimativa dos custos dos desvios teve unicamente em consideração os custos da repetição dos trabalhos originada pelos desvios.

A identificação dos custos das “não-conformidades” em estaleiros de construção, através da matriz dos custos da qualidade (*quality cost matrix*), da autoria de Abdul-Rahman, foi o propósito de Abdul-Rahman (1995) e de Abdul-Rahman *et al.* (1996). Para além da quantificação destes custos, estes trabalhos apresentaram ainda as categorias onde as não-conformidades mais se fizeram notar.

Josephson e Hammerlund (1999) deram continuidade a um estudo realizado entre 1986 e 1990 cujo objectivo foi conhecer as causas, a origem e o custo dos “defeitos” na construção. Com esse intuito examinaram sete projectos de construção diferentes.

Barber *et al.* (2000) acompanharam a construção de duas estradas com o objectivo de conhecer as causas e os custos das “falhas de qualidade”. A originalidade deste artigo reside na existência pouco comum, embora importante, de uma estimativa para os custos indirectos da não-qualidade, mais propriamente para os custos devidos aos atrasos provocados pelas falhas de qualidade.

A repetição de trabalhos (*rework*) é a consequência mais visível da não-qualidade e, por conseguinte, é a consequência cujos custos mais facilmente são calculados. Na maioria dos trabalhos de investigação apresentados nesta secção, os custos da não-qualidade apresentados são na realidade os custos da repetição dos trabalhos cujos resultados não atingiram a “conformidade com os requisitos”. Contudo nos trabalhos que se apresentam em seguida, de uma forma sucinta, a repetição de trabalhos é definida à partida como propósito.

A identificação das causas da repetição de trabalhos e a quantificação do seu custo foram os objectivos de Love e Li (2000), que utilizaram dois projectos de construção (Empreendimento A e B) como casos de estudo. Love *et al.* (1999a) recorreram ao conceito de dinâmica de sistemas (*system dynamics*) para identificar a relação entre as várias causas da repetição de trabalhos nesses empreendimentos. Os mesmos projectos de construção foram ainda objecto de estudo de Love e Edwards (2004), os quais realizaram uma análise qualitativa para identificar as causas de base da repetição de trabalhos.

A subempreitada de “aço estrutural” do Empreendimento A foi examinada por Love *et al.* (1999b) para compreender como e porquê ocorreu nessa subempreitada a repetição de trabalhos. Love *et al.* (2000) utilizaram igualmente a metodologia de dinâmica de sistemas para identificar as causas da repetição de trabalhos com origem na fase de projecto.

Love (2002) baseou-se nas respostas a um inquérito, distribuído a vários profissionais da construção de diferentes estados australianos, para conhecer a influência de diferentes tipos de projectos de construção e métodos de aquisição (*procurement*) nos custos da repetição de trabalhos, através de uma análise realizada com recurso a ferramentas estatísticas. As respostas a este inquérito foram ainda utilizadas por Love e Edwards (2005) para estimar o custo total (custo directo e indirecto) da repetição de trabalhos na indústria da construção australiana.

Os aspectos mais relevantes destes trabalhos são apresentados de seguida de forma mais detalhada.

2.4.2 Apresentação detalhada dos estudos

Burati *et al.* (1992) procuraram identificar as causas e a extensão dos problemas de qualidade, assim como determinar os custos que lhes estão associados. O seu trabalho teve como objecto de estudo nove projectos de construção industrial nos Estados Unidos finalizados em meados da década de 1980. Estes empreendimentos dividiam-se em três tipos diferentes: construção nova, reconversão (*retrofit*) e actualização (*upgrade*). Na execução deste trabalho foram realizadas entrevistas, quer pessoal, quer telefonicamente, foram visitadas as sedes das empresas de construção e os estaleiros e foram analisados dados fornecidos pelas empresas que cooperaram no estudo.

Os desvios de qualidade referidos neste trabalho significam que um item construído não cumpriu a totalidade dos requisitos especificados. A existência de um desvio não implicou necessariamente a realização de acções correctivas. A severidade dos desvios foi avaliada e só posteriormente foi decidido se foram necessárias medidas correctivas. Os desvios podem ser de três tipos: alteração (*change*), erro (*error*) e omissão (*omission*). A definição destes termos, segundo o glossário de terminologia de qualidade do *Quality Management Task Force (QMTF)* do *Construction Industry Institute (CII)* (Burati e Farrington, 1987), é a seguinte:

Alteração – acção directa destinada a alterar os requisitos que haviam sido estabelecidos até ao momento;

Erro – qualquer item ou actividade executada incorrectamente resultando num desvio (um erro requer uma avaliação para determinar qual a medida correctiva necessária).

Omissão – qualquer parte do sistema, no qual se incluem concepção, construção e fabricação, que foi esquecida, resultando num desvio (uma omissão requer uma avaliação para determinar qual a medida correctiva necessária).

Os desvios identificados nesta investigação foram classificados em 5 áreas: projecto (desvios relacionados com os projectos técnicos, podendo verificar-se na fase de projecto ou na fase de construção), construção (desvios referentes à fase de construção), fabricação (desvios resultantes de acções dos fabricantes ou dos fornecedores), transporte (desvios ocorridos durante o transporte de equipamento, materiais ou outros fornecimentos) e operacionalidade (desvios sucedidos na parte de processo ou de operação da instalação industrial). As diferentes áreas estão identificadas na Tabela 7.

Dada a grande percentagem de desvios do tipo “alteração” classificados na área “projecto” (mais de 50% do número total de desvios), estes foram ainda decompostos num terceiro nível, de forma a melhor conhecer a origem das alterações, cujas opções de classificação podem ser

consultadas na coluna “Origem” da Tabela 7. Esta tabela permite compreender o esquema de classificação utilizado pelos autores.

Tabela 7 – Classificação dos desvios utilizada por Burati et al. (1992)

Área	Tipo	Origem
Projecto	Alteração	Melhoria (<i>improvement</i>)
		Construção (<i>construction</i>)
		Terreno (<i>field</i>)
		Proprietário (<i>owner</i>)
Projecto	Operações/processo (<i>process</i>)	Fabricação (<i>fabrication</i>)
		Desconhecida (<i>unknown</i>)
Projecto	Erro	-
	Omissão	-
Construção	Alteração	-
	Erro	-
	Omissão	-
Fabricação	Alteração	-
	Erro	-
	Omissão	-
Transporte	Alteração	-
	Erro	-
	Omissão	-
Operacionalidade	Alteração	-

A existência da área “operacionalidade” deve-se à decisão dos autores de separar as alterações na divisão processual ou de operação da instalação industrial, independentemente do motivo, das alterações realizadas com o objectivo de melhorar a operacionalidade. Por exemplo, a utilização de duas bombas em vez de uma ou a adição de válvulas de inspecção num sistema, apenas por opção dos intervenientes nos projectos, são alterações abrangidas pela área “operacionalidade” (ver Tabela 7), enquanto a mudança da localização de válvulas para facilitar o acesso dos operadores é uma “alteração” (tipo) de “melhoria” (origem) de operacionalidade (ver Tabela 7 para melhor compreensão desta classificação).

Na área “operacionalidade” os autores apenas consideraram desvios do tipo “alteração”, uma vez que consideraram que os desvios ocorridos na divisão processual ou de operação da

instalação dos tipos “erro” e “omissão” são abrangidos pelas áreas “projecto”, “fabricação” ou “construção”.

Os desvios de projecto variaram entre os 66 e os 90% do número total de desvios nos nove empreendimentos (com uma média de 78,3%) e os desvios de construção oscilaram entre os 5 e os 29% da totalidade dos desvios por empreendimento (com uma média de 15,5%). Os desvios nas restantes áreas foram residuais, tendo sido, em média, 4% (do número total de desvios por empreendimento) na fabricação, 0,5% no transporte e 1,9% na operacionalidade.

Em oito dos nove empreendimentos estudados, “alteração” foi o principal tipo de desvio na área “projecto”. No único empreendimento em que tal não se verificou, foi revelado na discussão com os representantes da empresa que as alterações ao projecto não foram registadas, excepto quando eram resultado de um erro ou omissão, sendo registadas como tal.

O número total de desvios relacionados com o projecto foi composto, em média, por 67,0% de desvios de projecto do tipo de “alteração”, 25,2% do tipo “erro” e 7,8% do tipo “omissão”. A análise da origem das alterações de projecto, de acordo com as designações da coluna “Origem” da Tabela 7, permitiu apurar que a “melhoria” (*improvement*) foi a principal origem das alterações (em média 13,3% do nº total de desvios), seguida das alterações na área de “operações/processo” (*process*) das instalações (10,9%) e das alterações iniciadas pelo “proprietário” (*owner*) (9,9%). As alterações ao projecto de origem “desconhecida” (*unknown*) foram, em média, 13,2% do nº total de desvios.

Os desvios de qualidade tiveram consequências a nível financeiro quando implicaram a repetição ou reparação de um trabalho já executado. Na estimativa do custo destes desvios foram considerados exclusivamente os custos directos dos trabalhos correctivos. Os efeitos dos desvios na calendarização ou noutras actividades do empreendimento não foram considerados. Os custos totais dos desvios de qualidade foram compostos na sua quase totalidade pelos custos dos desvios relacionados com o projecto e com a construção. Em média, o custo dos desvios de projecto foi 79,2% do custo total dos desvios e os de construção foi 16,9%, o que perfaz uma média de 96,1% dos custos totais dos desvios.

Devido à elevada proporção dos desvios relacionados com o projecto nos custos totais dos desvios, foi realizada uma discriminação dos custos destes desvios nos três tipos de desvios definidos. As “alterações” ao projecto foram responsáveis, em média, por 54,2% dos custos totais dos desvios, os “erros” de projecto por 20,5% e as “omissões” no projecto por 4,5%. A soma destes três valores perfaz 79,2%, valor que anteriormente já havia sido indicado.

O custo total dos desvios em cada empreendimento variou, nos 9 empreendimentos, entre 0,4 e 25,9% do custo total do empreendimento (*total installed project cost*), com um valor médio de 12,4%. Deste valor, 9,5% referem-se aos desvios relacionados com o projecto e 2,5% aos

desvios relacionados com a construção. O valor remanescente, 0,4%, é composto pelos custos dos desvios nas áreas de fabricação, de transporte e de operacionalidade.

Os valores apresentados para os desvios, quer em termos do número de ocorrências, quer em termos de custos, representam apenas uma parte dos valores reais, dado que não foi possível registar todos os desvios ocorridos. Em muitas ocasiões as alterações realizadas no estaleiro não foram registadas formalmente, assim como muitos dos erros que implicaram trabalhos correctivos.

Os autores concluíram então que os desvios ocorridos nas fases de projecto e de construção são responsáveis pela quase totalidade dos custos incorridos pelas empresas com os desvios de qualidade. A fase de projecto é, em particular, uma fase sensível dos empreendimentos uma vez que os desvios ocorridos ou originados nesta fase foram, em média, 78% do número total de desvios e perfizeram, em média, 79% do custo total dos desvios.

Nos trabalhos de Abdul-Rahman (1995) e de Abdul-Rahman *et al.* (1996) é descrita a utilização da QCM, apresentada anteriormente neste capítulo. Em ambos os trabalhos, o termo “não-conformidade” é sinónimo de “falha de qualidade”.

A investigação desenvolvida por Abdul-Rahman (1995) pretendeu avaliar os custos com a correcção das não-conformidades na construção de uma auto-estrada. Apesar de a investigação ter coberto apenas a fase de construção, foram considerados os problemas com origem noutras fases do empreendimento com impacto na fase de construção.

A metodologia de trabalho incluiu discussões e entrevistas com pessoas-chave do empreendimento e consulta de registos de informação. Apesar de a forma escolhida inicialmente para recolha das não-conformidades ter sido a observação directa durante a fase de construção do empreendimento, a maioria das não-conformidades acabou por ser obtida nas “notificações de defeito” (*defect notices*) pertencentes ao empreiteiro geral.

No estaleiro, alguns elementos ficaram responsáveis pelo preenchimento da matriz e pelo agrupamento das não-conformidades em 12 categorias previamente estabelecidas, identificadas na Tabela 8. A categorização das não-conformidades tem o propósito de conhecer a sua origem.

Tabela 8 - Categorias das não-conformidades utilizadas por Abdul-Rahman (1995)

Geotecnia
Concepção (projecto) / Informação sobre trabalhos temporários ou permanentes
Planeamento
Informação e comunicação
Material
Relacionado com a construção
Instalações e equipamento
Área de trabalho difícil
Pessoal (trabalhadores)
Subempreiteiros e fornecedores
Supervisão e inspecção
Outros problemas

Durante a investigação foram detectadas 72 não-conformidades, das quais 59 foram consideradas para análise. As categorias que mais contribuíram para as não-conformidades examinadas foram “subempreiteiros e fornecedores” e “relacionado com a construção”, com 18 não-conformidades cada uma.

O custo total das não-conformidades, estimado com base na informação obtida, foi de £210.922, o que representa 5% do valor da proposta (*tender value*). Trata-se de um valor subestimado porque não inclui despesas com desperdícios de material e encargos de estrutura do empreiteiro. Uma análise detalhada da informação revelou que nem todos os custos das não-conformidades foram suportados pelo empreiteiro geral, tendo sido cobrado um total de £28.000 aos subempreiteiros responsáveis pelas falhas correspondentes, o que corresponde a cerca de 0,6% do valor da proposta.

Dos custos totais das não-conformidades, 48,2% foram classificados na categoria “subempreiteiros e fornecedores” e 21,0% na categoria “relacionados com a construção”. A categoria “concepção (projecto)” recolheu 12,1% dos custos totais das não-conformidades.

O autor estimou que um gasto inferior a £100 em acções preventivas poderia ter economizado quase £58.000 em custos com falhas ocorridas durante a construção. Nestas acções preventivas de baixo custo incluem-se a realização atempada de inspecções, melhorias na comunicação e planeamento e realização de verificações aos projectos técnicos.

O caso de estudo abordado em Abdul-Rahman *et al.* (1996) foi a construção de uma estação de tratamento de águas que teve início em meados de 1991 e que terminou em meados de 1992. Foi acordado com o empreiteiro geral que a informação seria recolhida em visitas

semanais ao local de obra. Durante 22 semanas o local de construção foi visitado em 18 ocasiões. Em cada visita a informação foi recolhida, principalmente, em entrevistas e discussões com os engenheiros de obra, sendo posteriormente registada na QCM.

A estimativa do custo de cada não-conformidade foi realizada sobretudo pelo departamento de qualidade do empreiteiro geral e consistiu na determinação do custo da repetição de trabalhos, para o qual se considerou a quantidade de materiais usados, a mão-de-obra requerida, o tempo de utilização do estaleiro e o tempo dispendido pela direcção de obra a lidar com os problemas. Refira-se que nem todas as não-conformidades ocorridas necessitaram de trabalhos de correcção, não tendo consequências financeiras directas, à semelhança do que aconteceu com os “desvios de qualidade” identificados no trabalho de Burati *et al.* (1992).

Na Tabela 9 estão identificadas as 13 categorias utilizadas para a classificação das não-conformidades, as quais, na opinião dos autores, cobrem a maioria dos problemas encontrados durante uma construção-tipo.

Tabela 9 - Categorias das não-conformidades utilizadas por Abdul-Rahman *et al.* (1996)

Relacionada com o projecto
Geotecnia
Coordenação e planeamento
Comunicação
Materiais
Relacionada com a construção
Instalações e equipamento
Pessoal (trabalhadores)
Subempreiteiro
Marcações de posicionamento (<i>setting-out</i>)
Fornecedor
Exigências do cliente
Facilidade/dificuldade de construção (<i>buildability</i>)

Foram detectadas 62 não-conformidades durante as visitas ao estaleiro. Contudo, foi referido pelos autores que nem todas as não-conformidades puderam ser identificadas devido às restrições de recursos no estaleiro. As categorias com maior frequência de não-conformidades foram: “relacionada com a construção” (14 não-conformidades), “relacionada com o projecto” (12) e “subempreiteiro” (11). As não-conformidades nas “marcações de posicionamento” (*setting-out*) poderiam ser classificadas como “relacionada com a construção”, o que elevaria para 20 o número de não-conformidades desta última categoria. Contudo, como ocorreram numerosos problemas devido às marcações de posicionamento dos elementos de construção, os autores optaram por considerar uma categoria separada para estas não-conformidades.

Abdul-Rahman *et al.* (1996) estimaram que o custo total das não-conformidades foi 6% dos custos estimados do empreendimento (*estimated project cost*), assumindo que o ritmo a que ocorreram os gastos com as não-conformidades foi constante durante toda a fase de construção. Este valor é optimista uma vez que não foram considerados os custos com telecomunicações, com o material desperdiçado e o material adicional necessário e o tempo de inutilização de equipamento.

Mais de três quartos dos custos das não-conformidades estão repartidos pelas categorias: “subempreiteiro” (40,10% dos custos das não-conformidades), “coordenação e planeamento” (16,30%), “relacionado com a construção” (13,00%) e “marcações de posicionamento” (7,03%). Recorde-se, contudo, que nem todas as não-conformidades envolveram despesas para a empresa.

Os autores acreditam que a estimativa do custo total das não-conformidades teria sido superior caso a investigação tivesse coberto todo o período de construção. Defendem ainda que no período inicial de construção, que não foi acompanhado neste estudo, existem mais riscos e são efectuadas mais alterações, uma vez que os trabalhadores ainda não tiveram oportunidade de aprimorar as suas técnicas de trabalho. Este aspecto é ainda mais relevante nas fases de construção que envolvem o solo.

Josephson e Hammarlund (1999) apresentam um estudo realizado em parceria com sete empresas de construção suecas pertencentes ao grupo *R&D-West* e em cooperação com o Departamento de Economia e Gestão da Construção da Universidade de Tecnologia de Chalmers, de Gotemburgo, Suécia. Este estudo, que decorreu entre 1994 e 1996, é a continuação e aprofundamento de um estudo realizado entre 1986 e 1990 pelo mesmo grupo de empresas (Hammarlund *et al.*, 1990).

No estudo anterior (Hammarlund *et al.*, 1990) o custo dos defeitos de um projecto de construção foi de, aproximadamente, 6% do custo de produção (*production cost*). A origem dos defeitos foi a seguinte: 54% na fase de produção (34% imputável à direcção de obra e 20% à mão-de-obra), 20% nos projectos técnicos, 20% nos materiais, 3% no dono de obra/cliente e 3% com origem não discriminada.

O principal objectivo de Josephson e Hammarlund (1999) foi conhecer a origem e as causas dos defeitos de sete projectos de construção. O método utilizado neste trabalho baseou-se no método aplicado no estudo anterior (Hammarlund *et al.*, 1990) com ligeiras alterações. Seis dos sete projectos foram acompanhados durante 6 meses, enquanto que o sétimo foi acompanhado durante 4 meses. Cada um dos sete projectos de construção foi executado por uma empresa diferente e todos eles são de diferentes tipos, a saber: um museu, uma escola,

uma universidade, um edifício industrial, um edifício de habitação, um quartel de bombeiros e um centro comercial. Tratou-se da construção de novos edifícios ou da conversão de edifícios já existentes.

Neste trabalho, “defeito” é definido como incumprimento dos requisitos de uso pretendidos e é considerado uma cadeia dos seguintes eventos: causa, acção errónea, manifestação do defeito, consequência e medida correctiva. O custo dos defeitos é constituído pelas medidas correctivas tomadas para remediar parcial ou completamente a manifestação do defeito e pelas consequências indirectas dos defeitos para o produto ou para o processo.

A cada um dos sete locais de construção foi atribuído um observador (engenheiro civil ou de outra especialidade) com as funções de registar, acompanhar e descrever os defeitos ocorridos. Sempre que necessário este observador contactou o dono de obra, os projectistas e os fabricantes de materiais e participou nas reuniões ocorridas no estaleiro. O grupo de investigação entrevistou entre 10 e 15 pessoas-chave de cada empreendimento com o objectivo de conhecer as características dos empreendimentos. Este último aspecto é, segundo os autores, a principal diferença em relação ao método de investigação aplicado por Hammarlund *et al.* (1990).

O número de defeitos registados variou entre 283 e 480 por empreendimento. No total foram registados 2879 defeitos. Os custos dos defeitos ocorridos durante o período de investigação variaram entre os 2,3% e os 9,4% do custo de produção (*production cost*), com um custo médio 4,9%.

Os autores consideraram a definição de Gryna (1988) para “causa”, assim esta é considerada o “motivo comprovado para a existência de um defeito”. Foram definidas 5 categorias para identificação das causas dos defeitos: (falta de) “conhecimento”, (falta de) “informação”, (falta de) “motivação”, “stress” e “risco”. O “conhecimento” é composto pelas competências (*skills*) e pela experiência e é definido como a informação e compreensão que uma pessoa tem sobre determinado assunto. O termo “risco” representa a existência da possibilidade de ocorrer um defeito.

Em média, 50% dos custos com defeitos são atribuídos à falta de motivação, estando esta patente nas omissões e negligência do pessoal. Poucos dos defeitos provocados por falta de motivação foram intencionais. A falta de conhecimento foi, em média, a causa de 29% dos custos com os defeitos. A falta de informação foi a causa do terceiro maior valor médio de custos dos defeitos, contabilizando em média 12% dos custos. Os restantes 9% de custos com defeitos estão repartidos entre stress (6%) e risco (3%). A identificação das causas dos defeitos foi complexa, o que aconselha a uma extrapolação prudente destes resultados.

Para identificar a “origem” dos defeitos foram criadas 8 categorias: “cliente”, “projecto”, “d direcção de obra”, “mão-de-obra”, “subempreiteiros”, “materiais”, “máquinas” e “outra”. Em média, 45% dos custos devidos aos defeitos tiveram origem no estaleiro, isto é, nas categorias “d direcção de obra”, “mão-de-obra” e “subempreiteiros”. Uma média de 32% dos custos dos defeitos foram gerados nas fases iniciais do projecto de construção, isto é, nas categorias “cliente” e “projecto”, e 20% tiveram como fonte os “materiais” e “máquinas”. Dos restantes 3% de custos não foi possível identificar a origem, tendo sido classificados na categoria “outra”. A categoria que individualmente mais contribuiu para os custos com os defeitos foi a categoria “projecto”, com um valor médio de 26%.

Os autores apresentam ainda a causa dos defeitos por categoria de origem. Este exercício, porém, foi realizado apenas para os defeitos com origem no “projecto”, na “d direcção de obra”, na “mão-de-obra” e nos “subempreiteiros”. A falta de motivação foi a principal causa dos custos com os defeitos em 3 dessas 4 fontes. Esta causa foi responsável por 50% dos custos dos defeitos com origem na “d direcção de obra”, 69% dos custos dos defeitos com origem na “mão-de-obra” e 47% dos custos dos defeitos com origem nos “subempreiteiros”. Na outra categoria de origem (“projecto”) a principal causa de custos foi a falta de conhecimento (44% dos custos). Apesar de tudo, a falta de motivação teve uma expressão importante nos defeitos com origem no “projecto”, tendo sido a causa de 35% dos custos dos defeitos com origem no “projecto”.

Frequentemente existem várias causas para a ocorrência de um defeito, podendo este fenómeno ser uma combinação ou uma sucessão de causas. Por este motivo o termo “causa de raiz” (*root cause*) é por vezes utilizado para descrever o motivo base de uma situação indesejável. Os autores apontam algumas causas de raiz para a existência dos defeitos encontrados na sua investigação:

- Falta de estabilidade na organização do cliente/dono de obra – alteração frequente de pessoas-chave;
- Fraco controlo do empreendimento por parte do cliente – muitas vezes o cliente demorou excessivamente a tomar decisões necessárias aos projectistas e empreiteiros, o que motivou alterações frequentes aos planos diários destes últimos;
- Envolvimento tardio do utilizador final – em alguns empreendimentos os utilizadores finais visitaram o estaleiro numa fase adiantada da obra e, conseqüentemente, deram as suas opiniões demasiado tarde;
- Espaço de tempo reduzido para realização do empreendimento;
- Composição da estrutura organizacional do empreendimento – nos empreendimentos em que as pessoas envolvidas já haviam anteriormente trabalhado em conjunto os

trabalhos decorreram consideravelmente melhor do que nos empreendimentos em que tal não aconteceu;

- Pressão para minimizar o custo dos empreendimentos – esta pressão propagou-se do cliente para o empreiteiro, deste para os subempreiteiros e por aí em diante;
- Reduzido apoio à direcção de obra por parte da administração das empresas de construção;
- Escassez de acções de motivação dos trabalhadores de obra.

Estas causas de raiz são ainda preliminares, uma vez que à data de entrega do artigo de Josephson e Hammarlund (1999) para publicação estas ainda estavam em análise.

Barber *et al.* (2000) analisaram dois projectos de construção de estradas com o propósito de conhecer os custos devidos às falhas de qualidade. O empreiteiro geral foi o mesmo em ambos os projectos de construção. O primeiro caso (Empreendimento 1) consistiu na construção de vários quilómetros de uma nova estrada e na modificação e melhoria de um troço de estrada já existente. No segundo caso (Empreendimento 2), de dimensão superior, tratou-se da construção de muitos quilómetros de auto-estrada e dos respectivos acessos.

O plano inicial dos autores era aplicar a metodologia apresentada na parte 2 da Norma BS 6143 em conjunto com a realização de entrevistas a uma selecção de intervenientes em ambos os empreendimentos. A parte 2 da BS 6143 fornece orientações para a determinação dos custos relacionados com a qualidade de acordo com o modelo PAF.

Esse plano foi alterado em consequência da detecção de algumas limitações e de sugestões de intervenientes nos projectos analisados. Alguns dos entrevistados mostraram fortes dúvidas quanto ao sucesso da segregação dos custos de prevenção e de avaliação dos restantes custos dos projectos. Sugeriram ainda que o estudo se deveria concentrar nos custos associados às falhas, uma vez que, na sua opinião, estes perfazem a maioria dos custos relacionados com as não-conformidades. Ambas as sugestões foram aceites pelos autores, que decidiram avaliar apenas os custos das falhas. Apesar de a Norma BS 6143 distinguir as falhas descobertas internamente na empresa das falhas descobertas externamente pelo cliente, neste estudo não é feita tal distinção. Porém, as falhas identificadas foram principalmente internas, com falhas internas a significar falhas no interior de toda a cadeia de fornecimento e não apenas no seio do empreiteiro principal.

A consulta dos registos pertencentes ao empreiteiro geral permitiu concluir que estes eram desadequados à realização de uma análise satisfatória do custo das falhas de qualidade. Os

registos mostram apenas uma parte do verdadeiro número de ocorrências de repetição de trabalhos (*rework*) e consideram unicamente os custos directos com os materiais necessários à correcção do problema, sem incluírem os custos de mão-de-obra e das instalações (*plant*) ou as despesas gerais (*overhead*). As entrevistas, por sua vez, revelaram-se pouco apropriadas à obtenção de uma visão credível e abrangente do tipo e quantidade de falhas ocorridas e mostraram-se ainda desadequadas para determinar satisfatoriamente os custos que lhes estão associados.

Face às dificuldades enumeradas anteriormente, no que concerne à identificação e compilação dos dados relativos às falhas, foi adoptada uma metodologia baseada na figura de “homens-sombra”. As pessoas-chave presentes no estaleiro, caso dos engenheiros ou do encarregado, foram acompanhadas durante um determinado período de tempo pelos “homens-sombra” e os problemas de qualidade detectados foram registados. Este registo foi realizado em formulário próprio, no qual, para além da indicação das principais informações relativas a cada problema, foram assinalados o atraso provocado na calendarização, os recursos utilizados para a rectificação das falhas de qualidade e o custo associado à rectificação. O custo de cada falha foi classificado numa das seguintes categorias: “<£500”, “£501-£1.000”, “£1.001-£5.000”, “£5.001-£10.000” e “>£10.000”.

No Empreendimento 1 foram observados 188 incidentes que custaram 15,76% do custo orçamentado para o projecto de construção (*costs as a percentage of budget*). No Empreendimento 2 as 50 falhas detectadas custaram 23% do custo previsto inicialmente. Estes valores incluem uma estimativa para os custos dos atrasos provocados pelas falhas de qualidade. É importante referir que esta estimativa foi apenas aplicada às falhas ocorridas em actividades pertencentes ao caminho crítico dos projectos. A estimativa do custo dos atrasos baseou-se numa multa prevista contratualmente (referida no texto original como *liquidated damages*) no valor de £12.000 por cada dia de atraso para além da data prevista para conclusão da construção e ainda no valor de £8.000 por dia para garantir o fornecimento dos serviços necessários à continuação dos trabalhos no estaleiro. Não foi admitida a possibilidade de uma actividade não pertencente ao caminho crítico sofrer um atraso tal que a faça passar a pertencer a esse caminho crítico.

Barber *et al.* (2000) constataram que, caso os custos dos atrasos não fossem considerados, os custos das falhas ficariam pelos 6,6% e pelos 3,6% do valor orçamentado para os custos totais do Empreendimento 1 e do Empreendimento 2, respectivamente. Apenas foram determinados os custos directos das falhas. As despesas gerais (*overheads*) com o estaleiro e os custos com o trabalho realizado na sede do empreiteiro para o estaleiro não foram incluídos nestas estimativas.

Uma vez que Barber *et al.* (2000) tinham como objectivo avaliar a totalidade dos custos das falhas, seria necessário avaliar estes custos não apenas para o empreiteiro geral, mas também para os subempreiteiros. Contudo, uma vez que a colaboração foi acordada apenas com o empreiteiro geral, os investigadores não puderam avaliar os custos das falhas para os subempreiteiros. Esta situação é uma consequência de tradicionalmente não existir abertura entre empreiteiro e subempreiteiros.

A categoria de custo “>£10.000”, em ambos os empreendimentos, contém apenas 4% do número de falhas observadas, mas concentra 68% dos custos totais das falhas no Empreendimento 1 e 44% dos custos das falhas no Empreendimento 2. No outro extremo, a categoria “<£500” abrange 59% das falhas do Empreendimento 1 e 82% das falhas do Empreendimento 2, porém estas falhas totalizam apenas 9% dos custos totais devidos a falhas no Empreendimento 1 e 10% dos custos totais devidos a falhas no Empreendimento 2. Estas evidências apontam para que a eliminação de alguns dos maiores problemas de qualidade reduza os custos das falhas numa proporção notável.

O estudo revela ainda que as falhas de grande dimensão são muitas vezes provocadas por uma série de eventos com origem num pequeno problema, que não é identificado e que, por isso, não é prontamente corrigido. Estima-se que cerca de 80% das falhas da categoria de custo “>£10.000” tenham tido este desenvolvimento. Foi ainda concluído pelos autores que mais de 50% das falhas resultaram de erros de projecto/concepção.

De acordo com o referido na introdução desta secção, os trabalhos expostos em seguida dedicam-se, declaradamente, ao conhecimento do fenómeno “repetição de trabalhos” (*rework*) nos projectos de construção.

A identificação das causas da repetição de trabalhos e a quantificação dos custos que lhe estão associados foram os objectivos de Love e Li (2000). Os autores seleccionaram dois projectos de construção na Austrália para servirem de casos de estudo. O empreiteiro geral, comum aos dois projectos, é uma empresa que mostra preocupações com a qualidade, reveladas pelo facto de ter sido a primeira empresa australiana a estar certificada conjuntamente com a ISO 9001 e com a categoria A da AS 2990. As características mais relevantes para este estudo em cada projecto são as seguintes:

Empreendimento A – dois blocos residenciais, de 6 pisos cada, com um total de 43 fogos; o valor contratual (*contract value*) foi de A\$10,96 milhões e o período contratual (*contract period*) foi de 43 semanas; a construção do empreendimento foi contratualizada por preço global (*lump sum contract*) com o cliente a empregar um director de empreendimento (*project manager*) como seu representante.

Empreendimento B – pavilhão industrial com dois pisos; o valor contratual foi de A\$4,45 milhões e o período contratual foi de 30 semanas; o contrato estabelecido para o empreendimento foi de “projecto e construção” (*design and construct*), com um incentivo à poupança (*savings participation incentive*); foi igualmente empregado um director de empreendimento pelo cliente para funcionar como seu representante.

Cada um dos estaleiros foi visitado três vezes por semana durante o decorrer da construção, tendo estas visitas sido mais frequentes durante os períodos de maior actividade. Para além das observações directas foi consultada documentação fornecida por vários elementos (empreiteiro, consultores, subempreiteiros e fornecedores) e realizadas entrevistas com intervenientes nos empreendimentos.

A recolha de dados para esta investigação teve início quando começaram os trabalhos de construção no estaleiro e terminou quando expirou o período de garantia. Apesar de a informação recolhida ser predominantemente relativa à fase de construção, sempre que possível foram também incluídas informações relativas às repetições de trabalho ocorridas na fase de projecto. A informação recolhida relativamente a cada falha que deu origem a repetição de trabalhos foi a seguinte: data de ocorrência (caso se tenha presenciado a falha) ou data da sua detecção (caso não tenha sido presenciada), causa, trabalho requerido, efeito no caminho crítico do projecto, custos incorridos, identificação do trabalho/subempreitada onde ocorreu e a magnitude dos eventos.

Os autores estimaram os custos da repetição de trabalhos em 3,15% e 2,40% do valor contratual (*contract value*) do Empreendimento A e do Empreendimento B, respectivamente. Estes valores são os custos directos da repetição de trabalhos, e foram separados de acordo com a sua classificação em defeitos, variações (*variations*) e não-variações (*non-variations*). Na Tabela 10 é apresentada a distribuição dos custos da repetição de trabalhos nestas 3 classes.

Tabela 10 - Distribuição dos custos com a repetição de trabalhos de acordo com a sua classificação (Love e Li, 2000)

Repetição de trabalhos	Empreendimento A	Empreendimento B
Variações	87%	0%
Não-variações	12%	60%
Defeitos	1%	40%

Uma “variação”, tradução da palavra inglesa *variation*, é uma ordem de alteração dada pelo cliente a uma especificação de projecto acordada contratualmente e que tem implicações a nível financeiro. As variações motivam repetição de trabalhos caso o trabalho a que esta se

refere já tenha sido executado de acordo com a especificação original. Por seu turno, “defeito” foi definido como um item que necessitou correcção somente após o término dos trabalhos de construção. Ou seja, tratou-se de uma não-conformidade que não impediu a continuação dos trabalhos. Por exclusão de partes, “não-variação” é a designação dada a cada repetição de trabalhos que não resultou de um pedido de alteração do cliente e cuja realização era indispensável para a continuação da construção dos empreendimentos.

Enquanto no Empreendimento A a repetição de trabalhos do tipo “variações” totaliza 87% dos custos totais com a repetição de trabalhos, no Empreendimento B não existem custos com a repetição de trabalhos deste tipo (ver Tabela 10). Tal deve-se, em primeira instância, ao facto de o contrato celebrado para o Empreendimento B prever a sua realização com garantia de um preço máximo (*Guaranteed Maximum Price - GMP*) e, assim, o custo das alterações solicitadas pelo cliente ter sido assumido pelo empreiteiro, uma vez que o custo total não ultrapassou o preço máximo acordado. Por esse motivo foi decidido, no Empreendimento B, classificar na categoria “não-variações” todas as não-conformidades que impediram a continuidade dos trabalhos de construção.

Com o apoio dos directores de empreendimento foi estimado que a repetição de trabalhos provocou um atraso de 4 semanas no caminho crítico do Empreendimento A e de 3 semanas no caminho crítico do Empreendimento B.

O sistema de classificação utilizado pelos autores para identificar as causas da repetição de trabalhos (esquematizado na Tabela 11) baseou-se no sistema de classificação de Burati *et al.* (1992) (Tabela 7). Neste trabalho, contudo, apenas se consideraram as fases de projecto e de construção, indicadas na coluna “Categoria” da Tabela 11. A classificação de uma repetição de trabalhos numa determinada categoria não significa que esta tenha ocorrido nessa categoria, mas sim que está relacionada com essa fase. No que diz respeito aos motivos para a repetição de trabalhos, os autores definiram as opções “alteração”, “erro”, “omissão” e “dano”. Só está prevista a ocorrência de danos na fase de construção, causados pelos subempreiteiros ou por intempéries. Caso a repetição de trabalhos tenha sido originada por uma alteração às especificações iniciais, era solicitada a indicação da fonte dessa alteração, de acordo com as opções indicadas na coluna “Origem” da Tabela 11.

Tabela 11 - Sistema de classificação da repetição de trabalhos utilizado por Love e Li (2000)

Categoria	Tipo	Origem
Projecto	Alteração	Construção
		Cliente/representante cliente
		Ocupante
	Erro	Fabricante
		Melhoria
		Desconhecida
	Omissão	
Construção	Alteração	Construção
		Condições do estaleiro
		Ocupante
	Erro	Fabricante
		Melhoria
		Desconhecida
	Omissão	
	Dano	

Dos custos com a repetição de trabalhos no Empreendimento A, 72% estão relacionados com a fase de projecto e 28% com a fase de construção. No Empreendimento B os custos com a repetição de trabalhos relacionados com a fase de construção foram maioritários, perfazendo 80% destes custos, estando os restantes 20% de custos relacionados com a fase de projecto.

No Empreendimento A as alterações ao projecto (53,70% dos custos totais com a repetição de trabalhos), as alterações durante a fase de construção (21,40%) e os erros de projecto (17,0%) são os factores que contribuiram em maior proporção para a repetição de trabalhos, sendo responsáveis por aproximadamente 92% dos custos com a repetição de trabalhos. No Empreendimento B as alterações e os erros na fase de construção foram as causas para cerca de 50% dos custos com a repetição de trabalhos.

Foi registado um total de 69 dias improdutos no Empreendimento A e 39 no Empreendimento B. Se se considerarem 5 dias de trabalho por cada semana, estes dias improdutos correspondem a cerca de 30 e 26% do período contratual do Empreendimento A e B, respectivamente. A improdutividade é resultado da espera por informação, de viagens, de

limpezas e da rectificação de itens errados ou danificados. Estas perdas de tempo estão associadas principalmente à repetição de trabalhos.

As subempreitadas de aço estrutural, no Empreendimento A, e de revestimentos de pisos (“*carpet and vinyl*”), no Empreendimento B, foram aquelas cujo custo mais cresceu devido à repetição de trabalhos, com este fenómeno a ser responsável por 35,7% e 27,3% do custo final destas subempreitadas, respectivamente.

O facto de a subempreitada de “aço estrutural” do Empreendimento A ter tido a maior percentagem de custo devido à repetição de trabalhos levou a que o trabalho de Love *et al.* (1999b) a tenha utilizado como caso de estudo. Neste trabalho os autores avaliaram os motivos e a forma como ocorreu a repetição de trabalhos na referida subempreitada. Nesta investigação foi adoptada a perspectiva de cadeia de fornecimento.

Os autores descobriram que a insuficiente preocupação com a qualidade durante a fase de projecto, especialmente notória na fraca coordenação e integração entre os desenhos de arquitectura e os desenhos estruturais, resultou na realização de documentação com erros e omissões, o que por sua vez levou à repetição de trabalhos, quer na fase de projecto, quer na fase de construção. Este problema foi amplificado pelo facto de a estrutura organizacional do empreendimento e a natureza sequencial da cadeia de fornecimento (Figura 8) terem funcionado como barreira à circulação de informação entre o empreiteiro e as equipas de projecto e entre as próprias equipas de projecto. Estas barreiras originaram interacções desadequadas e *feedback* pouco eficaz em toda a cadeia de fornecimento, o que motivou conflitos entre as partes envolvidas na cadeia.



Figura 8 - Fluxo de informação numa cadeia de fornecimento sequencial (ou em série) (Love *et al.*, 1999b)

Love e Edwards (2005) propuseram-se estimar o custo total (custo directo e indirecto) da repetição de trabalhos na indústria da construção australiana. A metodologia de trabalho utilizada baseou-se no desenvolvimento de um questionário no qual era solicitada a resposta a

questões referentes a um projecto de construção terminado recentemente e com o qual o respondente estivesse familiarizado. Entre outras questões, foram interrogadas as causas da repetição de trabalhos, os custos directos e indirectos associados a essa repetição e as práticas de gestão promovidas nesse projecto.

Em primeiro lugar foi enviado um questionário-piloto com o objectivo de testar a sua adequação e compreensibilidade. Para além das respostas às questões foi solicitado aos respondentes o seu *feedback* sobre o questionário. Estes foram ainda incentivados a fazer uma revisão do conteúdo e da estrutura do questionário. Antes do envio do questionário-piloto, as empresas foram contactadas telefonicamente para as informar dos objectivos da investigação. Foram enviados 30 questionários-piloto tendo sido recebidas de volta 25 respostas (taxa de resposta de 83%).

Posteriormente foram distribuídos 420 questionários finais por diversos profissionais da construção, sem que tenham sido realizados contactos telefónicos prévios. Foi realizada uma amostragem aleatória estratificada das “Páginas Amarelas” australianas para seleccionar a amostra de estudo. Os autores procuraram minimizar a possibilidade de repetição de projectos seleccionados pelos respondentes através de uma dispersão geográfica dos questionários por diferentes estados australianos. O número total de respostas recebidas nesta fase foi de 136. Uma vez que o questionário final foi idêntico ao questionário-piloto, dado que o *feedback* obtido foi totalmente positivo, foram adicionadas a estas respostas as 25 respostas recebidas ao questionário-piloto. Assim, contabilizaram-se 161 respostas válidas, o que fez uma taxa de resposta de 36%.

Para efeitos do seu trabalho, Love e Edwards (2005) utilizaram a definição de repetição de trabalhos anteriormente apresentada por Love *et al.* (1999b): “esforço dispensável de refazer um processo ou actividade que foi implementado(a) incorrectamente na primeira ocasião”.

As respostas ao questionário dividem-se da seguinte forma por classe de respondente:

- Consultores de projecto (designação dada ao grupo formado por arquitectos, inquiridores de qualidade e engenheiros de estruturas, mecânicos e eléctricos) – 44%
- Empreiteiros – 33%
- Directores de empreendimento (normalmente são o representante do dono de obra nos empreendimentos) – 23%

Com os dados das 161 respostas, Love e Edwards (2005) calcularam o custo total médio da repetição de trabalhos em 12% do valor de contrato (*contract value*), sendo este valor a soma de 6,4% de custos directos e de 5,6% de custos indirectos.

As estimativas dos respondentes para o custo da repetição de trabalhos foram muito variáveis, fluindo entre valores inferiores a 1% do valor original do contrato até valores que chegavam a 80% desse mesmo valor de referência. A grande variação nas estimativas sugere aos autores que os profissionais da construção podem estar inseguros quanto ao verdadeiro custo da repetição de trabalhos nos projectos de construção em que estão envolvidos.

No geral, os empreiteiros apresentaram estimativas, quer para os custos directos (com uma média de 5,8%), quer para os custos indirectos (com uma média de 5,46%), situadas entre as estimativas dos consultores de projecto e as dos directores de empreendimento. Na opinião dos autores, uma vez que os empreiteiros operam na interface entre a fase de projecto e a fase de construção, é possível que as suas estimativas estejam mais próximas do valor real.

Uma das questões do inquérito solicitava aos respondentes a comparação dos custos da repetição de trabalhos do projecto no qual se basearam para dar as respostas com os mesmos custos noutros projectos em que também tenham estado envolvidos. A resposta era fechada e as possibilidades de resposta iam desde “comparáveis em grande parte” até “não são comparáveis de todo”. A moda das respostas foi “comparáveis em parte” o que permite concluir que a estimativa dos custos da repetição de trabalhos apresentada é, no global, representativa da indústria da construção australiana, pelo menos da forma como foi realizada neste trabalho.

As respostas a este questionário foram anteriormente utilizadas no trabalho de Love (2002), no qual foi analisada a influência de diferentes tipos de projectos de construção e de diferentes procedimentos de contratação (*procurement*) nos custos da repetição de trabalhos. Para que tal tivesse sido possível, o questionário interrogava os respondentes sobre o tipo do projecto de construção no qual se basearam para as respostas e o procedimento de contratação utilizado nesse projecto.

Na prossecução dos objectivos de Love (2002) foram utilizadas ferramentas estatísticas como a correlação paramétrica de Pearson (*Pearson's parametric correlation*), a análise da variância (ANOVA) e o teste de Tukey (*Tukey's post hoc test*).

Nas respostas ao questionário são referidas uma série de procedimentos de contratação, estando estes reunidos na Tabela 12.

Tabela 12 - Procedimentos de contratação (*procurement*) referidos em Love (2002)

Métodos de contratação (<i>procurement</i>)
Preço global tradicional (<i>traditional lump sum</i>)
Custo acrescido (ou percentagem) tradicional (<i>traditional cost plus</i>)
Tradicional com quantidades provisórias (<i>traditional with provisional quantities</i>)
Concepção e gestão (<i>design and manage</i>)
Gestão da construção (<i>construction management</i>)
Contratação da gestão (<i>management contracting</i>)
Concepção e construção (<i>design and build</i>)
Novação (<i>Novation</i>)
“Chave na mão”/pacote global (<i>Turnkey/package deal</i>)
Construir-Operar-Transferir [<i>Build-Own-Operate-Transfer</i> (BOOT)]

Os procedimentos de contratação mais representados na amostra de 161 projectos de construção foram “preço global tradicional” (52,2% dos projectos), “concepção e gestão” (19,9%) e “gestão da construção” (16,1%).

No que diz respeito aos tipos de projectos realizados, os respondentes indicaram os seguintes: nova construção (*new build*), remodelação/renovação (*refurbishment/renovation*), adaptação (*fit-out*) e nova construção/remodelação.

A análise estatística efectuada mostrou que o custo da repetição de trabalhos não variou significativamente com o procedimento de contratação utilizado, nem com o tipo de projecto de construção. Por outro lado, esta análise descortinou uma clara correlação entre o aumento dos casos de repetição de trabalhos e o crescimento do custo dos projectos e dos seus prazos de execução. Não foram encontradas evidências que sustentem uma correlação entre a variação do custo e do prazo de execução dos projectos com o tipo procedimento de contratação escolhido.

Finalmente, foi estimado que o crescimento médio do custo e do prazo de execução dos vários empreendimentos foram, respectivamente, de 12,6% e de 20,7%. A repetição de trabalhos foi responsável por 52,1% dos custos adicionais, sendo os restantes 47,9% motivados por factores como condições meteorológicas adversas, relações de trabalho/laborais e ordens de alteração provenientes do cliente/utilizador final.

Os três trabalhos seguintes (Love *et al.*, 1999a; Love *et al.*, 2000; Love e Edwards, 2004) concentraram-se exclusivamente na identificação das causas da repetição de trabalhos, colocando de parte a quantificação do custo deste fenómeno.

O trabalho de Love *et al.* (1999a) assenta no conceito de dinâmica de sistemas (*system dynamics*), cuja maior valia é a identificação do efeito que uma variável tem noutra. Os autores defendem que a identificação da relação entre as várias causas de repetição de trabalhos na construção é essencial para a minimização da sua ocorrência. Nesta investigação foram utilizados os mesmos casos de estudo (Empreendimentos A e B) e a mesma metodologia de recolha de informação de Love e Li (2000) com o objectivo de conhecer as causas da repetição de trabalhos e a forma como estas se influenciam mutuamente.

Um projecto de construção é entendido por Love *et al.* (1999a) como o conjunto de três subsistemas diferentes: subsistema técnico e operacional, subsistema de gestão da qualidade e subsistema de recursos humanos. Para cada um destes subsistemas foi definido um diagrama de influência (*influence diagram*). Este tipo de diagrama representa uma sucessão de variáveis (causas) em que todas são, simultaneamente, afectadas e afectantes. Os diagramas de influência permitem, desta forma, conhecer os vários cenários possíveis no caso de ocorrerem alterações, erros ou omissões em alguma parte do respectivo subsistema. As várias causas de repetição de trabalhos nos dois empreendimentos foram identificadas através de entrevistas a intervenientes de ambos os empreendimentos.

Posteriormente os diagramas de influência relativos a cada um dos subsistemas foram combinados para produzir um modelo de ciclo causal conceptual (*conceptual causal loop model*). Este modelo permite identificar os principais “ciclos de *feedback*” (*feedback loops*) que podem ser utilizados para determinar as principais variáveis que influenciam a repetição de trabalhos.

Os autores concluíram que a repetição de trabalhos no Empreendimento A foi causada predominantemente por erros e alterações ao projecto e no Empreendimento B por erros de construção motivados pelo fraco detalhe da documentação e pela incorrecta execução por parte dos trabalhadores. A maioria dos casos de repetição de trabalhos teve origem na fase de concepção dos projectos de construção, como consequência do desconhecimento ou da interpretação incorrecta dos requisitos do cliente, da existência inadequada de recursos e de erros nas peças desenhadas e especificações de projecto. A má coordenação e integração foram outros motivos para a ocorrência de repetição de trabalhos.

As entrevistas realizadas a elementos ligados ao empreiteiro, comum nos dois empreendimentos, revelaram que estes consideravam que uma grande parte dos custos com a repetição de trabalhos se deveu aos fracos níveis de competências (*skill levels*) do director de

empreendimento do dono de obra, da equipa de projecto e dos subempreiteiros. A fraca mão-de-obra, resultante de falta de formação, foi identificada pelo empreiteiro e por vários subempreiteiros como uma das principais causas para a ocorrência de repetição de trabalhos. É ainda referido por Love *et al.* (1999a) que o baixo nível de motivação de vários intervenientes nos dois projectos de construção foi uma causa importante da repetição de trabalhos.

Love *et al.* (2000) utilizaram também a dinâmica de sistemas para modelar as causas dos erros de projecto que conduzem à repetição de trabalhos. Os autores dividiram a fase de projecto em duas partes distintas: uma criativa, em que são pensadas as soluções, e outra de documentação, onde a fase criativa é convertida num modelo concretizável do projecto. O estudo dedica-se unicamente a esta última parte.

O modelo construído permitiu testar 4 cenários, para além da situação considerada normal (cenário 1): redução drástica do tempo para execução dos projectos técnicos (cenário 2), redução drástica do tempo para execução dos projectos técnicos, com envolvimento de projectistas experientes (cenário 3), recrutamento de um número alargado de projectistas inexperientes (cenário 4) e, finalmente, uma combinação de redução de honorários pelos projectos técnicos, redução do prazo para a sua execução e recurso a projectistas exteriores à empresa de projecto (cenário 5).

A análise dos diferentes cenários apresentados demonstrou que as medidas de curto prazo são práticas de gestão ineficazes a longo prazo, pois contribuem para o aumento dos erros de projecto e, conseqüentemente, da repetição de trabalhos. Nestas medidas de curto prazo destacam-se o recrutamento de projectistas de fontes exteriores à empresa para fazer face a um súbito aumento da carga de trabalho e a apresentação de propostas com valores reduzidos para ganhar um concurso e conseqüentemente pagamento de salários reduzidos aos projectistas.

Os dois casos de estudo apresentados por Love e Li (2000) e por Love *et al.* (1999a) foram também os casos estudados por Love e Edwards (2004). Neste último trabalho os autores pretenderam igualmente determinar os antecedentes dos episódios de repetição de trabalhos ocorridos nos dois projectos. A abordagem de Love e Edwards (2004) foi mais próxima da de Love e Li (2000), dado que realizaram uma análise qualitativa ao invés de uma análise baseada em algoritmos. A metodologia de trabalho foi idêntica à de Love e Li (2000), já antes referida.

A investigação de Love e Edwards (2004) identificou 5 causas subjacentes à ocorrência de repetição de trabalhos nos projectos de construção examinados. Essas causas são expostas em seguida, acompanhadas de uma breve descrição da forma como cada uma se revelou nos casos de estudo:

- Desconhecimento das exigências dos utilizadores finais:

No Empreendimento A, os compradores dos apartamentos deram origem à maioria das alterações realizadas ao projecto. No Empreendimento B quase todo o trabalho repetido como consequência de pedidos de alteração do cliente/utilizador final deveu-se à insuficiente ou inadequada intervenção destes nas fases anteriores às fases de projecto e de construção.

- Documentação de contrato fraca:

As equipas de projecto não foram coordenadas e integradas com eficácia durante a fase de projecto pelo director de empreendimento do dono de obra. O espaço de tempo para realizar o projecto foi insatisfatório e projectistas inexperientes foram contratados para a realização dos projectos. A combinação destes factores motivou a existência de erros e omissões na documentação de contrato. Para além disto foi revelado que os projectos técnicos não foram revistos depois de realizados.

- Baixo nível da mão-de-obra:

Um grande número de erros ocorridos em ambos os estaleiros teve como consequência a repetição dos trabalhos. Muitos dos erros deveram-se à fraca qualidade da mão-de-obra ou a negligência por parte dos subempreiteiros. Os erros cometidos por um subempreiteiro podem ter um impacto adverso nas subempreitadas seguintes.

- Falta de orientação para a qualidade:

No Empreendimento B, as instruções dadas pelo encarregado não foram formalmente documentadas apesar de este procedimento ser um requisito do sistema de garantia de qualidade implementado. O encarregado afirmou que os episódios de repetição de trabalhos não foram documentados devido à sua reduzida disponibilidade de tempo. Uma vez descoberto este problema, o director de empreendimento incumbiu o encarregado de documentar todas as futuras instruções, com o intuito de reduzir os riscos de disputas e de potenciais aumentos nos custos.

- Fraca supervisão e inspecção:

Em ambos os empreendimentos o encarregado não inspeccionou o trabalho dos subempreiteiros de forma regular, o que levou a que os trabalhos mal executados só

tenham sido detectados em fases adiantadas da construção. Nessa altura muitos subempreiteiros já haviam deixado o estaleiro, sendo, por isso, obrigados a regressar para rectificar o trabalho. Um factor comum e recorrente que contribuiu para a realização incompleta de trabalho foi o mau planeamento.

O capítulo que agora termina revela que o tema dos custos relacionados com a qualidade é uma preocupação dos intervenientes na indústria da construção, uma vez que já foram desenvolvidos sistemas para a sua quantificação e realizados trabalhos de investigação com o intuito de conhecer os custos da qualidade e da não-qualidade em outros países.

De facto, os custos da não-qualidade revelam-se significativos na indústria da construção. Burati *et al.* (1992) concluíram que estes podem chegar a atingir 25,9% do custo total de um projecto de construção. Em alguns dos trabalhos é anunciado que o valor obtido para os custos da não-qualidade é uma avaliação por defeito, quer por não ter sido possível detectar todas as falhas ocorridas, quer por não ter sido possível aferir a totalidade das consequências das falhas detectadas. Na presença de valores tão elevados torna-se premente conhecer as actividades de qualidade mais eficazes na redução destes custos.

Ao contrário do que a orientação preferencial para a fase de construção dos sistemas de identificação e captura dos custos relacionados com a qualidade faz pressupor, a não-qualidade não é exclusiva desta fase. Alguns dos trabalhos apresentados concluem que a fase de projecto é igualmente uma fonte relevante de falhas de qualidade, pelo que este problema deve ser visto como um problema de todo o processo de construção e não apenas de uma sua fase.

Nenhuma actividade de construção se revelou mais susceptível à não-qualidade, assim como foram identificadas diferentes origens deste fenómeno. Desta forma, e tendo em conta o que foi referido no parágrafo anterior, o problema da não-qualidade deve ser abordado de uma forma global no sector da construção, não obstante a existência de determinadas vias que permitam uma abordagem mais eficaz a este tema, mesmo que numa perspectiva parcial do problema.

Tendo em conta a relevância deste tema e o facto de não se conhecerem estudos desta natureza realizados em Portugal, justifica-se o trabalho descrito nos próximos capítulos, que teve como objectivo obter informação preliminar sobre custos relacionados com a qualidade e a sua análise qualitativa. Apesar de não se tratar do único modelo para a classificação dos custos relacionados com a qualidade, será utilizado o modelo Prevenção, Avaliação e Falhas (PAF) por se tratar daquele mais frequentemente utilizado e que, por isso, permitirá uma comparação de resultados mais alargada.

3 ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO E TRATAMENTO DAS RESPOSTAS

3.1 Estrutura do questionário

O questionário foi dividido em quatro partes, devido aos diferentes objectivos de cada grupo de questões: na primeira parte pretendeu-se caracterizar a empresa a nível financeiro, conhecer a sua dimensão e saber quais as actividades de construção em que se encontra envolvida; o objectivo da segunda parte foi perceber, em termos genéricos, a atitude da empresa relativamente ao tema da qualidade; a terceira e quarta partes tiveram como objectivo conhecer e quantificar os custos da empresa com a qualidade e com a não-qualidade, respectivamente. A terceira parte enquadra-se na dissertação do colega Pedro Santos, com quem o questionário foi conjuntamente elaborado, como foi referido na introdução desta dissertação. O questionário encontra-se reproduzido em anexo.

As questões colocadas na primeira parte do questionário para caracterização das empresas, envolvem a designação social, o capital social, o volume de negócios em 2008, o número de empregados no quadro permanente, o número médio total de empregados durante o ano de 2008 e, por último, as categorias do alvará de construção da empresa. Questionou-se o número de empregados no quadro permanente e a média de empregados em 2008 devido à frequente flutuação do número de empregados que ocorre nas empresas de construção. Uma vez que o questionário foi elaborado logo no início de 2010, optou-se por pedir informação relativa ao ano de 2008 por se prever que nem todas as empresas contactadas tivessem apurado já os dados solicitados referentes ao ano de 2009.

Na segunda parte do questionário, cujo objectivo era conhecer, em termos genéricos, a atitude da empresa relativamente à qualidade, questionou-se de que forma esta contempla a qualidade na sua estrutura, se a empresa está certificada segundo a norma ISO 9001 e, em caso afirmativo, desde que ano possui essa certificação. Interrogou-se ainda se a empresa regista individualmente os custos que incorre com a qualidade e com a não-qualidade. Caso a resposta fosse negativa em qualquer dos casos era pedida a indicação do principal motivo para que esse registo não fosse efectuado.

Nas partes três e quatro foram apresentados dois conjuntos de tipos de custo com a qualidade e a não-qualidade, respectivamente. A escolha dos tipos de custo baseou-se essencialmente na bibliografia consultada para elaboração do estado da arte. Estes custos foram subdivididos, de acordo com o modelo PAF, em custos de prevenção e custos de avaliação, no caso dos custos da qualidade, e em custos de falhas internas e de falhas externas, no caso dos custos da não-qualidade. Em seguida são apresentados os tipos de custo considerados:

1. Custos da qualidade:
 - 1.1. Custos de prevenção:
 - 1.1.1. Custos com o pessoal do sector de qualidade da empresa
 - 1.1.2. Custos com a formação para a qualidade
 - 1.1.3. Custos com auditorias internas de qualidade
 - 1.1.4. Custos com acreditação e monitorização de fornecedores
 - 1.2. Custos de avaliação:
 - 1.2.1. Custos com o controlo de materiais e produtos
 - 1.2.2. Custos com o controlo interno da qualidade durante a obra
 - 1.2.3. Custos com os equipamentos de controlo de qualidade
 - 1.2.4. Custos de inspecções antes de entrega
2. Custos da não-qualidade:
 - 2.1. Custos de falhas internas:
 - 2.1.1. Custos com correcções de projectos elaborados na empresa
 - 2.1.2. Custos decorrentes de deficiências nas propostas
 - 2.1.3. Custos decorrentes de deficiências no planeamento
 - 2.1.4. Custos devidos a falhas no sistema de aprovisionamento
 - 2.1.5. Custos induzidos por avarias de equipamentos
 - 2.1.6. Custos com a repetição de trabalhos e correcção de defeitos na construção detectados antes da entrega ao cliente
 - 2.2. Custos de falhas externas:
 - 2.2.1. Custos com tratamento de reclamações de clientes
 - 2.2.2. Custos com reparações dentro do período de garantia
 - 2.2.3. Custos devido a compensações, multas e outros custos legais

Para cada tipo de custo foi pedido às empresas que assinalassem a sua existência e procedessem à sua quantificação em percentagem dos seus custos totais anuais, indicando ainda se esta se realizou com base em registos contabilísticos internos ou se se tratou de uma estimativa.

A quantificação dos custos foi realizada através de resposta fechada. Para tal foram apresentadas possibilidades de resposta consideradas *a priori* como plausíveis para os custos relacionados com a qualidade, tendo sido definidos quatro intervalos: abaixo de 0,5%, entre 0,5% e 1%, entre 1% e 2% e acima de 2% dos custos totais anuais. Para o caso das empresas reconhecerem a existência de determinado tipo de custo, mas não lhes ser possível a sua quantificação, foi incluída a opção de resposta "Não sabe".

Numa fase inicial foi decidido enviar o questionário, por *e-mail*, para as primeiras 200 empresas do *ranking* das 500 maiores Empresas de Construção do Fórum Empresarial (<http://www.forum->

-empresarial.pt). Este *ranking* ordena as empresas por ordem decrescente do seu volume de negócios.

Durante a pesquisa do endereço de *e-mail* das empresas, privilegiou-se o *e-mail* do Departamento de Qualidade, em detrimento do endereço de *e-mail* geral, como forma de chegar directamente às pessoas que, à partida, estarão melhor colocadas para responder a um questionário sobre este tema.

Por impossibilidade de obter o contacto de *e-mail* de 20 das 200 empresas seleccionadas, o questionário foi efectivamente enviado apenas a 180 empresas de construção nacionais.

3.2 Tratamento das respostas ao questionário

Das 180 empresas a quem o questionário foi enviado, foi impossível a entrega do questionário a 18 delas por motivos de ordem técnica (endereço de *e-mail* inválido, caixa de correio cheia, etc.). A isto acrescenta-se o facto de 2 das empresas contactadas terem informado, após a recepção do questionário, não exercer actividade na área da construção ou da engenharia civil. Assim, não contando com outras situações desconhecidas de não-recepção do questionário, admite-se que o número total de empresas que receberam o questionário foi de 160. Destas apenas 9 responderam, o que se traduz numa taxa de resposta de 5,6%. Numa tentativa de maximizar o número de respostas, o questionário foi enviado uma segunda vez para as empresas que não haviam dado qualquer resposta à recepção do questionário aquando do primeiro envio.

De forma a manter a confidencialidade das respostas, as nove empresas que responderam ao questionário foram designadas por letras, de A até I, por ordem decrescente do *ranking* mencionado anteriormente.

3.2.1 1ª parte – Caracterização da empresa

A Tabela 13 sintetiza a informação fornecida pelas empresas no que diz respeito à sua dimensão: capital social, volume de negócios e número de trabalhadores.

Tabela 13 - Caracterização da dimensão das empresas respondentes

Empresa	Capital Social (milhões de euros)	Vol. de negócios em 2008 (milhões de euros)	Nº de empregados	
			no quadro permanente	em média no ano de 2008 (incluindo q. permanente)
A	> 10	> 100	> 1000	> 1000
B			500 a 1000	500 a 1000
C	1 - 10	50 - 100	< 100	100 a 500
D		20 - 50	< 100	< 100
E			100 a 500	100 a 500
F		< 20	< 100	< 100
G	100 a 500		100 a 500	
H	100 a 500		100 a 500	
I	< 1	< 20	< 100	< 100

Para permitir a classificação das empresas de acordo com a sua dimensão, atente-se na definição de micro, pequenas e médias empresas estabelecida no Decreto-Lei n.º 372/2007, de 6 de Novembro:

“A categoria das micro, pequenas e médias empresas (PME) é constituída por empresas que empregam menos de 250 pessoas e cujo volume de negócios anual não excede 50 milhões de euros ou cujo balanço total anual não excede 43 milhões de euros.”

As empresas A e B apresentaram no ano de 2008 um volume de negócios superior a cinquenta milhões de euros e possuíam no seu quadro permanente mais de 250 empregados. Desta forma estas duas empresas são consideradas de grande dimensão. A empresa C, cujo volume de negócios em 2008 foi superior a cinquenta milhões de euros, não cabe também na definição de PME, muito embora não seja certo que o seu número de efectivos tenha sido superior a 250, uma vez que indicou na resposta ao questionário que o número médio de trabalhadores em 2008 se situou entre 100 e 500. Assim será considerada como empresa de grande dimensão.

As restantes empresas apresentaram no mesmo ano um volume de negócios abaixo da meia centena de milhões de euros. Não é possível afirmar que todas elas tiveram menos de 250 empregados no ano de 2008, tendo em conta que algumas destas empresas indicaram ter entre 100 e 500 empregados efectivos e/ou em média durante esse ano. Todavia é preciso ter em consideração que a indústria da construção é caracterizada por uma grande volatilidade no número de empregados, uma vez que este depende do número de obras que a empresa tem em execução simultaneamente. Decidiu-se, então, que estas empresas seriam consideradas PME's.

Na Tabela 14 é apresentada a classificação das empresas de acordo com o que foi enunciado nos últimos parágrafos.

Tabela 14 - Categorização das empresas de acordo com a sua dimensão

Dimensão	Empresas
Grande	A, B e C
Pequena e Média	D, E, F, G, H e I

As respostas à última questão da primeira parte do questionário estão sintetizadas na Tabela 15. Nesta questão perguntam-se quais as categorias de alvará de construção detidas pelas empresas respondentes, de acordo com as categorias definidas pelo Instituto da Construção e do Imobiliário (InCI).

Tabela 15 - Caracterização da área de actuação das empresas

Categoria de Alvará	Empresa								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1ª - Edifícios e Património Construído	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2ª - Vias de Comunicação, Obras de Urbanização e Outras Infra-estruturas	x	x	x	x	x	x	x	x	
3ª - Obras Hidráulicas	x	x	x	x	x	x	x	x	
4ª - Instalações Eléctricas e Mecânicas	x	x	x	x	x	x	x	x	
5ª - Outros trabalhos	x		x						

Na sua quase totalidade, as empresas possuem alvará de construção para as quatro categorias específicas, 1.ª a 4.ª, isto é, podem realizar trabalhos de edifícios e património construído (1ª categoria), de vias de comunicação, obras de urbanização e outras infra-estruturas (2ª categoria), obras hidráulicas (3ª categoria) e instalações eléctricas e mecânicas (4ª categoria). A Empresa I é a única que não possui alvará para estas quatro categorias, tendo apenas alvará para a 1ª categoria. Para a 5ª e última categoria de alvarás (outros trabalhos), apenas duas das empresas possuem alvará, as empresas A e C.

3.2.2 2ª parte – Posicionamento relativamente às questões da qualidade

As respostas à primeira questão da segunda parte do questionário estão sistematizadas na Tabela 16. A questão era de resposta fechada, com 3 hipóteses de resposta correspondentes às 3 colunas mais à direita da Tabela 16. Na segunda coluna, entre parêntesis, está indicado o número de empregados que as empresas referiram ter no seu Departamento de Qualidade.

Tabela 16 - Organização das empresas na abordagem à qualidade

Empresa	Possui um Dept.º de Qualidade (nº de empregados)	Possui um responsável pela qualidade	Sem ninguém directamente responsável pela qualidade
A	x (8)	x	
B	x (7)	x	
C	x (1)	x	
D	x (1)	x	
E	x (2)	x	
F	x(2)		
G	x (2)	x	
H	x (?)	x	
I	x (1)		

Todas as empresas responderam ter um Departamento de Qualidade e, com excepção das empresas F e I, indicaram igualmente ter um responsável pela qualidade, o que revela que a qualidade é actualmente um assunto incontornável na indústria da construção.

É importante referir que, ao elaborar o questionário, se consideraram as 3 opções de resposta a esta questão - departamento, responsável, ninguém - como mutuamente exclusivas, admitindo-se que a existência de um Departamento de Qualidade implica a existência de, pelo menos, um responsável, mas pode haver situações, nomeadamente em empresas de pequena dimensão, em que exista um responsável pela qualidade mas não um Departamento de Qualidade. Contudo quase todos os respondentes assinalaram simultaneamente as duas opções, departamento e responsável, o que revela que o entendimento da maioria das empresas respondentes foi distinto e terão sentido necessidade de esclarecer que o seu Departamento de Qualidade possui um responsável.

Na Tabela 17 apresentam-se as respostas das empresas quando questionadas se possuem certificação segundo a norma ISO 9001. Todas as empresas indicaram estar certificadas segundo esta norma, encontrando-se entre parêntesis o ano desde o qual possuem essa certificação.

Tabela 17 - Certificação ISO 9001

Empresa	Possui certificação ISO 9001? (ano da certificação)
A	Sim (2005)
B	Sim (1996)
C	Sim (2006)
D	Sim (2002)
E	Sim (1998)
F	Sim (2000)
G	Sim (2004)
H	Sim (2009)
I	Sim (2004)

A indicação da existência, ou não, de registos individualizados dos custos relacionados com a qualidade por parte das empresas encontra-se nas Tabela 18 e Tabela 19. Nestas tabelas é ainda indicado o principal motivo apontado pelas empresas para não possuírem registos individualizados destes custos. Esclarece-se que seria suficiente existir o registo individual de um tipo de custo para ser possível responder nas questões viii) e ix) que a empresa possui registos individualizados dos custos relacionados com a qualidade.

Tabela 18 - Registos individualizados dos custos da qualidade

Empresa	Custos da qualidade	
	Possui registos individualizados?	Se respondeu não, qual o principal motivo?
A	Sim	-
B	Não	A) O registo não traz benefícios para a empresa
C	Não	(O processo de registo está em implementação)
D	Sim	-
E	Não	B) O processo de registo é muito complexo
F	Não	C) Os custos são contabilizados de uma forma geral
G	Sim	-
H	Não	A) O registo não traz benefícios para a empresa
I	Não	C) Recursos insuficientes

Tabela 19 - Registos individualizados dos custos da não-qualidade

Empresa	Custos da Não-Qualidade	
	Possui registos individualizados?	Se respondeu não, qual o principal motivo?
A	Sim	-
B	Sim	-
C	Não	(O processo de registo está em implementação)
D	Sim	-
E	Não	B) O processo de registo é muito complexo
F	Não	C) Os custos são contabilizados de uma forma geral
G	Sim	-
H	Sim	-
I	Não	C) Recursos insuficientes

Uma vez que as respostas das empresas às questões viii) e ix), compiladas nas duas últimas tabelas, são muito variáveis, deixam-se todos os comentários para a secção onde é realizada a análise das respostas ao questionário.

3.2.3 3ª e 4ªs partes – Informação sobre custos da qualidade e da não-qualidade

Nas partes 3 e 4 do questionário as empresas puderam quantificar os custos incorridos com a qualidade e a não-qualidade, a partir de uma lista de tipos de custo predefinida. Os valores indicados são apresentados, respectivamente, na Tabela 20 e na Tabela 21.

Por falta de espaço, a designação dos tipos de custos foi abreviada, deixando-se apenas o essencial para a sua identificação. A sua designação completa pode, contudo, ser consultada na secção anterior ou no questionário, reproduzido em anexo.

Como foi referido anteriormente, foi questionado se o valor indicado para cada tipo de custo foi obtido nos registos contabilísticos da empresa ou se foi estimado. Os custos estimados são assinalados nas Tabela 20 e Tabela 21 com um asterisco (*).

Tabela 20 - Custos da qualidade

	Empresas								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Custos de prevenção									
(...) pessoal do sector de qualidade da empresa	<0,5	<0,5*	<0,5*	<0,5	<0,5*	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5*
(...) formação para a qualidade	<0,5	0,5-1,0*	<0,5*	<0,5	<0,5*	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5*
(...) auditorias internas de qualidade	<0,5	0,5-1,0*	<0,5*	<0,5*	<0,5*	<0,5*	<0,5	<0,5*	<0,5*
(...) acreditação e monitorização de fornecedores	<0,5*	0,5-1,0*	<0,5*	<0,5*	<0,5*	<0,5	<0,5*	<0,5	<0,5*
Custos de avaliação									
(...) controlo de materiais e produtos	<0,5*	1,0-2,0*	<0,5*	<0,5*	1,0-2,0*	<0,5*	<0,5	<0,5*	<0,5*
(...) controlo interno da qualidade durante a obra	<0,5*	0,5-1*	<0,5*	<0,5	1,0-2,0*	<0,5	<0,5	<0,5*	<0,5*
(...) equipamentos de controlo de qualidade	<0,5*	<0,5*	<0,5*	<0,5	0,5-1,0*	<0,5	0,5-1,0	<0,5	<0,5*
(...) inspecções antes de entrega	<0,5*	1,0-2,0*	<0,5*	X	0,5-1,0*	<0,5*	<0,5	<0,5	<0,5*

Legenda: * Valor estimado; X - Custo inexistente

Tabela 21 - Custos da não-qualidade

	Empresas								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Custos de falhas internas									
(...) correcções de projectos elaborados na empresa	<0,5*	0,5-1,0*	<0,5*	X	0,5-1,0*	<0,5*	0,5-1,0	0,5-1,0	<0,5*
(...) deficiências nas propostas	N.S.	0,5-1,0*	<0,5*	0,5-1,0	0,5-1,0*	>2,0	0,5-1,0*	0,5-1,0	<0,5*
(...) deficiências no planeamento	N.S.	1,0-2,0*	0,5-1,0*	0,5-1,0*	0,5-1,0*	>2,0	0,5-1,0*	<0,5	<0,5*
(...) falhas no sistema de aprovisionamento	N.S.	0,5-1,0*	<0,5*	0,5-1,0*	0,5-1,0*	>2,0	<0,5*	<0,5*	0,5-1,0*
(...) avarias de equipamentos	<0,5*	1,0-2,0*	<0,5*	0,5-1,0*	0,5-1,0*	<0,5	0,5-1,0*	<0,5	<0,5*
(...) repetição de trabalhos e correcção de defeitos (...)	N.S.	>2,0*	0,5-1,0*	<0,5	0,5-1,0*	<0,5*	<0,5*	<0,5 ^N	<0,5*
Custos de falhas externas									
(...) tratamento de reclamações de clientes	<0,5	1,0-2,0*	<0,5*	<0,5	N.S.	0,5-1,0	<0,5	<0,5*	<0,5*
(...) reparações dentro do período de garantia	<0,5	>2,0 (2,5)	0,5-1,0	0,5-1,0	N.S.	0,5-1,0	0,5-1,0	0,5-1,0	<0,5*
(...) compensações, multas e outros custos legais	N.S.	N.S.	<0,5	X	N.S.	<0,5	<0,5	<0,5*	0,5-1,0*

Legenda: N.S. - Não sabe o valor; * - Valor estimado; ^N Origem não indicada; X - Custo inexistente

A única nota vai para o facto de a empresa B ter indicado o valor concreto dos “custos com reparações dentro do período de garantia”. Este valor encontra-se entre parêntesis na respectiva célula da Tabela 21.

No capítulo seguinte é realizada a análise das respostas. Esse capítulo contém ainda uma secção onde são apresentadas sugestões de melhoria ao questionário.

4 ANÁLISE DAS RESPOSTAS

Neste capítulo é realizada a análise das respostas ao questionário. Sempre que possível é feita a comparação com outros estudos efectuados sobre esta matéria e que foram apresentados no capítulo de Estado da Arte.

Como referido anteriormente, responderam ao questionário 9 das 160 empresas efectivamente inquiridas, o que perfaz uma taxa de resposta de 5,6%, um valor muito reduzido. Esta reduzida taxa de resposta impede que se extraiam conclusões sólidas com base no questionário e motivam parte das considerações sobre a abordagem a seguir em estudos futuros feitas mais adiante.

A primeira evidência que se destaca da observação das respostas é que a “qualidade” é um tema incontornável nas empresas de construção nos dias de hoje. Prova disso é o facto de todas elas possuírem um Departamento de Qualidade e certificação segundo a norma ISO 9001. Note-se que este último facto pode não ser apenas uma consequência da maior consciencialização das empresas para a melhoria da qualidade dos seus produtos, algo que esta certificação dos sistemas de gestão da qualidade das empresas pretende proporcionar. A exigência desta certificação aos empreiteiros para que possam efectuar obras públicas é cada vez mais frequente, pelo que essa poderá ser a principal motivação das empresas para a certificação dos seus sistemas de gestão da qualidade segundo a norma ISO 9001.

Uma vez que não foram observadas diferenças significativas no que respeita ao tipo de trabalhos de construção realizados pelas empresas (ver Tabela 15), não é efectuada neste capítulo qualquer análise que tenha como variável a área de actuação das empresas.

Registo individualizado dos custos relacionados com a qualidade

No que concerne ao registo dos custos individualizados da qualidade e da não-qualidade, constata-se que o número de empresas que afirmam registar individualmente os custos da não-qualidade é superior ao das que afirmam registar os custos da qualidade. No caso dos custos da não-qualidade, o número de empresas que indica realizar o seu registo é superior ao número de empresas que afirma não o fazer, conforme se pode constatar na Figura 9. Este facto sugere um maior interesse pelo conhecimento da magnitude da não-qualidade na actividade das empresas ou, pelo menos, do valor de alguns dos tipos de custos que lhe estão associados.

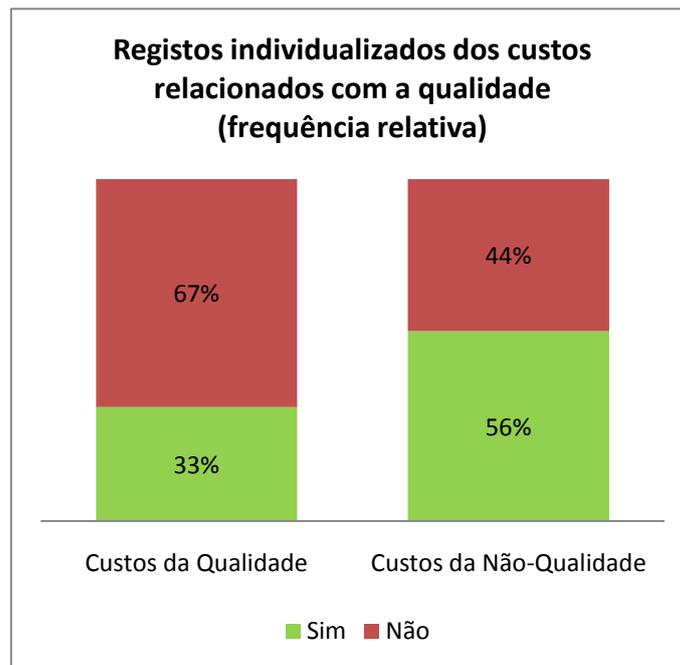


Figura 9 - Frequência relativa das respostas às questões viii) e ix) do questionário

A empresa C respondeu que não possuía registos individuais dos custos relacionados com a qualidade (custos da qualidade e da não-qualidade). Contudo não apontou nenhum motivo para não efectuar o registo, informando, ao invés, que estava a implementar um processo para registar ambas as categorias de custos relacionados com a qualidade. Esta resposta sugere uma crescente consciencialização da importância do conhecimento dos custos relacionados com a qualidade para as empresas de construção.

Procurou-se perceber quais os motivos para as empresas não realizarem o registo de forma individualizada dos custos da qualidade e da não-qualidade. Por este motivo solicitou-se às empresas que indicaram não possuir registos individualizadas que apontassem o principal motivo para essa opção. Foi excluída desta análise a empresa C, face ao que foi referido no parágrafo anterior. A Figura 10 e a Figura 11 mostram as motivações apresentadas pelas empresas para não realizarem o registo individualizado dos custos da qualidade e dos custos da não-qualidade, respectivamente.



Figura 10 - Frequência relativa das respostas à questão viii a) do questionário



Figura 11 - Frequência relativa das respostas à questão ix a) do questionário

O facto de duas das empresas terem mencionado que o registo individualizado dos custos da qualidade não traz benefícios (Figura 10) e nenhuma empresa indicar este motivo para não efectuar o registo individualizado dos custos da não-qualidade (Figura 11) sugere que estes últimos estão mais presentes nas preocupações das empresas do que os primeiros. Esta mesma conclusão já tinha sido apontada anteriormente.

Por outro lado, a preferência que parece existir pelo conhecimento dos custos da não-qualidade em relação aos custos da qualidade sugere desconhecimento do efeito das actividades de promoção da qualidade na redução das ocorrências de não-qualidade. A correlação entre os custos da qualidade e os custos da não-qualidade é um dado adquirido, sendo objecto de estudo de vários investigadores. Em particular, Plunkett e Dale (1988) coligiram uma série de gráficos de dados reais sobre custos relacionados com a qualidade que são semelhantes aos gráficos teóricos que apresentam a correlação entre custos da qualidade e custos da não-qualidade. O ajuste por polinómios realizado por Kazaz *et al.* (2005) aos custos obtidos na sua investigação vem, de alguma forma, sustentar a existência da relação inversa entre custos da qualidade e da não-qualidade.

Outros motivos apontados pelas empresas para não efectuarem o registo dos custos são: o processo de registo é muito complexo, os custos são contabilizados, mas não de forma individualizada ou os recursos são insuficientes.

Estas justificações vão ao encontro de certos pontos referidos em alguns trabalhos respeitantes aos custos relacionados com a qualidade. A indústria da construção é complexa e envolve um grande número de intervenientes, o que torna difícil a quantificação destes custos. Aoieong *et al.* (2002) entrevistaram vários elementos ligados a empresas de construção de Hong Kong que referiram igualmente a escassez de recursos como um dos obstáculos à quantificação dos custos da qualidade e da não-qualidade.

Os custos relacionados com a qualidade são naturalmente reflectidos na contabilidade das empresas, mas, com frequência, de forma não individualizada (Abdul-Rahman, 1995; Aoieong *et al.*, 2002; Low e Yeo, 1998). A demarcação dos custos relacionados com a qualidade dos restantes custos é contudo essencial para que se possa, entre outros aspectos:

- Conhecer o impacto da não-qualidade;
- Determinar as actividades de promoção da qualidade mais eficazes na redução do valor total destes custos;
- Comparar este tipo de custos entre os vários projectos de uma empresa ou, inclusivamente, entre empresas.

Detectou-se que algumas das empresas indicaram nas respostas às questões viii) e/ou ix) que não possuíam registos individualizados dos custos da qualidade e dos custos da não-qualidade, mas assinalaram que alguns dos valores dos custos presentes nas 3ª e 4ªs partes do questionário foram obtidos a partir de registos contabilísticos.

Esta aparente contradição pode ter duas explicações. Em primeiro lugar, e conforme duas das empresas esclareceram quando questionadas directamente sobre esta questão, esta pode ter resultado da interpretação incorrecta pelos respondentes de que nas questões viii) e ix) se questionava se são registados exhaustivamente os custos relacionados com a qualidade. Como anteriormente foi referido, basta a empresa registar um tipo de custo relacionado com a qualidade para poder indicar que possuía registos individualizados destes custos.

Uma outra possibilidade, partindo do pressuposto que as questões foram respondidas de forma sequencial, é que exista algum desconhecimento sobre que custos são considerados como custos relacionados com a qualidade. Este desconhecimento teria levado a que, embora a empresa em causa possuísse alguns registos, o respondente não os tenha associado a custos relacionados com a qualidade e tenha respondido negativamente às questões viii) e/ou ix). Posteriormente, nas questões x) a xiii), onde é solicitada a quantificação dos custos, o respondente reconhece que possui esses registos, mas não nota que deve alterar a resposta às questões viii) e/ou ix). Esta possibilidade, a verificar-se, sugere algum desconhecimento do tema abordado nesta dissertação por parte dos intervenientes na indústria da construção.

Quantificação dos custos relacionados com a qualidade

No questionário, partes 3 e 4, foi questionada a existência de variados tipos de custos relacionados com a qualidade e solicitada a sua quantificação em percentagem dos custos totais da empresa. Os vários tipos de custos apresentados foram agrupados, de acordo com a classificação PAF, em custos de prevenção e de avaliação, no caso dos custos da qualidade, e em custos de falhas internas e de falhas externas, no caso dos custos da não-qualidade. Os tipos de custos considerados no questionário podem ser consultados na secção “Estrutura do questionário” ou ainda no questionário original, reproduzido em anexo. A informação quantitativa sobre os custos da qualidade e da não-qualidade pode ser consultada na Tabela 20 e na Tabela 21, respectivamente.

Pode constatar-se que a existência dos 17 tipos de custos questionados é reconhecida pela quase totalidade das empresas. Apenas uma empresa (a empresa D) informou não incorrer em alguns tipos de custos. Esta empresa informou não incorrer em 3 dos 17 tipos de custos, conforme se pode constatar na Tabela 20 e na Tabela 21.

A quantificação dos custos elementares (ou tipos de custos) sob a forma de intervalo apenas permite obter os correspondentes valores totais sob a forma de minorantes e majorantes dos seus limites inferior e superior, respectivamente. Trata-se de uma estimativa necessariamente grosseira, mas que, não obstante, se considerou de interesse efectuar.

Veja-se, como exemplo, o cálculo dos custos de prevenção da empresa B. Estes são a soma de 4 parcelas, conforme se pode constatar na Tabela 22.

Tabela 22 - Cálculo dos custos de prevenção da empresa B

Custos de prevenção da empresa B	1,5-3,5%
Custos com o pessoal do sector de qualidade da empresa	0,0-0,5%
Custos com a formação para a qualidade	0,5-1,0%
Custos com auditorias internas de qualidade	0,5-1,0%
Custos com a acreditação e monitorização de fornecedores	0,5-1,0%

No caso de todos os custos elementares serem intervalos fechados o resultado da sua soma é também um intervalo fechado. Contudo existiram casos em que foi impossível obter um intervalo fechado para o valor total dos custos, uma vez que existia a possibilidade de quantificar os custos elementares numa categoria sem limite superior, a categoria “acima de 2%”. Desde que exista pelo menos um custo elementar nesta categoria o resultado é um intervalo aberto à direita. A título de exemplo, apresenta-se na Tabela 23 a estimativa dos custos das falhas internas na empresa F.

Tabela 23 - Cálculo dos custos das falhas internas da empresa F

Custos de falhas internas da empresa F	6,0 -∞
Custos com correcções de projectos elaborados na empresa	0,0-0,5%
Custos decorrentes de deficiências nas propostas	2,0-∞
Custos decorrentes de deficiências no planeamento	2,0-∞
Custos devidos a falhas no sistema de aprovisionamento	2,0-∞
Custos induzidos por avarias de equipamentos	0,0-0,5%
Custos com a repetição de trabalhos e correcção de defeitos na construção antes da entrega ao cliente	0,0-0,5%

Ao contrário do que sucede com os intervalos fechados, os intervalos abertos, apesar de permitirem conhecer o minorante dos custos, deixam em aberto o valor do majorante, limitando portanto as conclusões possíveis quanto à extensão dos custos em questão.

Para tentar ultrapassar a limitação criada pela existência de um intervalo de custos sem limite superior, foram contactadas, por *e-mail*, as empresas que assinalaram custos elementares acima de 2% e que informaram tê-los em registos, designadamente, as empresas B e F. Foi solicitado a essas empresas que indicassem os valores concretos desses custos. Todavia esta acção não teve o sucesso desejado, dado que não foi possível eliminar nenhum dos intervalos abertos obtidos inicialmente. A empresa B indicou, em primeira instância, dois custos elementares superiores a 2%, contudo informou posteriormente apenas conseguir quantificar um deles (ver linha dos “Custos com reparações dentro do período de garantia” na Tabela 21),

uma vez que efectivamente apenas possuía o registo de um deles. No caso da empresa F não foi possível obter qualquer resposta à tentativa de esclarecimento.

A outra situação para a qual não é possível a obtenção de um intervalo fechado para o total dos custos ocorre quando o respondente indica a existência de determinado tipo de custos, mas não o consegue quantificar. Veja-se o caso da empresa B para os custos das falhas externas. Dois dos três custos elementares que constituem os custos das falhas externas foram quantificados pela empresa, perfazendo um sub-total entre 3,5% e 5,5%. Contudo o valor do terceiro custo elementar das falhas externas foi indicado como desconhecido, o que implica que ao intervalo [3,5-5,5%] se deve somar uma quantia, de valor desconhecido. Assim, a única conclusão possível para os custos das falhas internas é que estes são superiores a 3,5%, não sendo possível limitar superiormente este tipo de custos.

Ocorreu ainda um caso (empresa E) em que não foi possível quantificar os custos das falhas externas pois a empresa em questão não conseguiu quantificar qualquer dos custos elementares, embora tenha admitido incorrer em todos eles.

Outra situação particular foi a impossibilidade de quantificar os custos totais da não-qualidade da empresa A, apesar de, ao contrário do exemplo anterior, esta ter quantificado alguns dos custos elementares. Esta situação é semelhante à descrita anteriormente para o custo das falhas externas da empresa B, com a diferença de a conclusão possível ser a de que os custos da não-qualidade da empresa A são superiores a 0%. Tirar esta conclusão é o mesmo que deduzir que a empresa possui custos da não-qualidade de montante desconhecido. Em termos práticos, este caso é idêntico ao caso dos custos das falhas externas da empresa E, em que nenhum dos custos elementares foi quantificado.

A Tabela 24 e a Tabela 25 apresentam, respectivamente, os intervalos apurados para os custos da qualidade e da não-qualidade das nove empresas respondentes, obtidos da forma e com as limitações acima indicadas.

Tabela 24 - Composição dos custos da qualidade nas 9 empresas

	Empresas								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Custos da qualidade	<4,0	4,0-9,0	<4,0	<3,5	3,0-8,0	<4,0	0,5-4,5	<4,0	<4,0
Custos de prevenção	<2,0	1,5-3,5	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Custos de avaliação	<2,0	2,5-5,5	<2,0	<1,5	3,0-6,0	<2,0	0,5-2,5	<2,0	<2,0

Tabela 25 - Composição dos custos da não-qualidade nas 9 empresas

	Empresas								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Custos da não-qualidade	?	>9	1,5-6,0	2,5-6,0	>3,0	>7,0	2,5-7,0	1,5-6,0	1,0-5,5
Custos de falhas internas	?	>5,5	1,0-4,0	2,0-4,5	3,0-6,0	>6,0	2,0-5,0	1,0-4,0	0,5-3,5
Custos de falhas externas	?	>3,5	0,5-2,0	0,5-1,5	?	1,0-2,5	0,5-2,0	0,5-2,0	0,5-2,0

Legenda: ? - Valor impossível de quantificar/calcular

Comparação dos custos da qualidade com os custos da não-qualidade

Na Figura 12 estão representados os intervalos que foram possíveis determinar para os custos da qualidade e da não-qualidade por empresa. Esta figura constitui uma forma mais perceptível de apresentação dos custos relacionados com a qualidade, permitindo uma primeira comparação dos custos da qualidade e da não-qualidade numa mesma empresa, assim como a comparação destes dois tipos de custos entre as várias empresas.

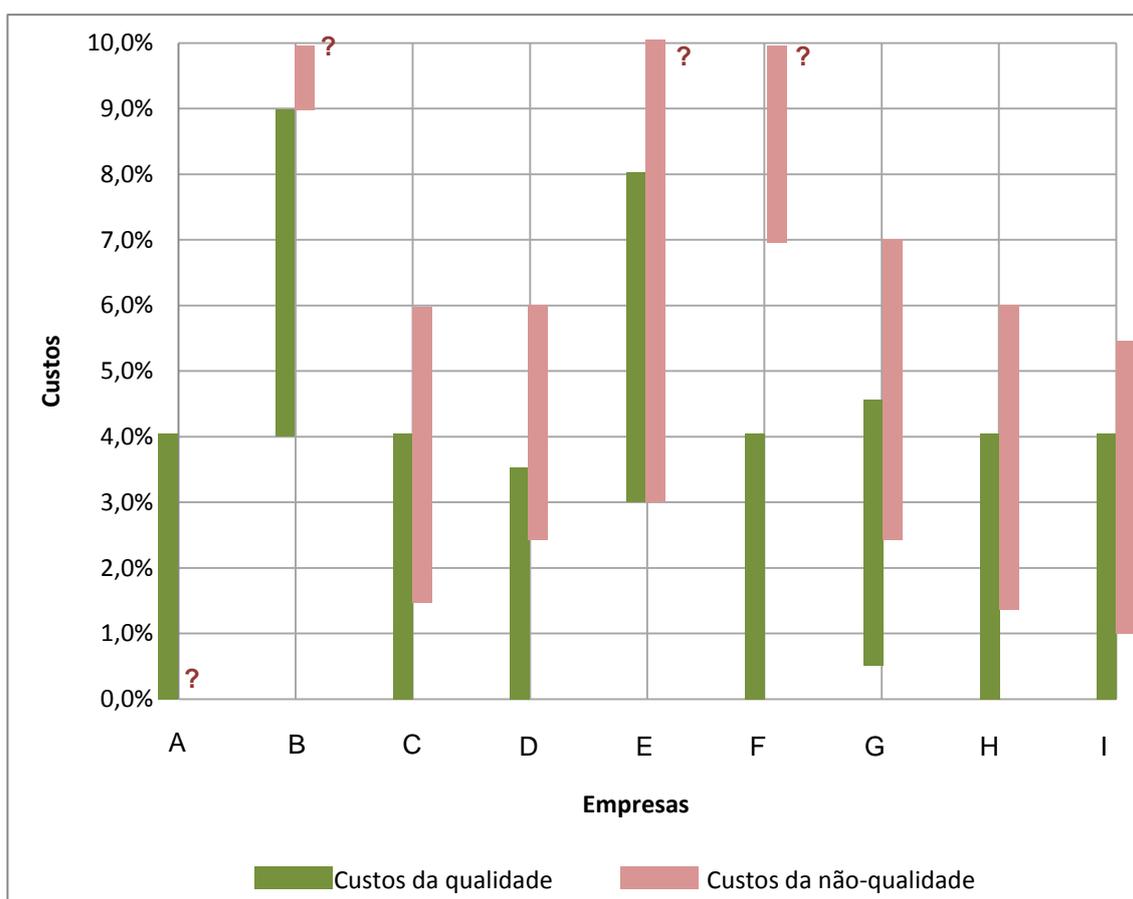


Figura 12 - Custos da qualidade e custos da não-qualidade (por empresa)

Destaca-se o facto de ter sido possível apurar os custos da qualidade de todas as empresas e de estes serem todos intervalos fechados, o que não sucedeu no caso dos custos da não-qualidade.

Como se constata da observação da Figura 12, em geral não é possível tirar conclusões definitivas sobre o posicionamento relativo dos custos da qualidade e da não-qualidade. Apenas no caso das empresas B e F tal é possível, uma vez que os respectivos intervalos são disjuntos. Em ambas as empresas os custos da não-qualidade são superiores aos custos da qualidade, o que confirma a tendência que, apesar de tudo, parece revelar-se na maioria das restantes empresas. O facto de apenas os custos da não-qualidade se apresentarem como intervalo aberto corrobora esta tendência. Conforme se explicou anteriormente, apenas os custos elementares da não-qualidade foram quantificados na categoria de custos mais elevada (“acima de 2%”) que é um intervalo aberto à direita.

Existe um conjunto de quatro empresas (C, F, H e I) cujos custos com a qualidade são semelhantes, variando entre os 0 e os 4% dos seus custos totais anuais. É preciso ter em consideração que esta similitude é potenciada pelo facto dos custos terem sido quantificados através de resposta fechada, em intervalos pré-definidos. Todavia, uma dessas empresas, a empresa F, apresenta custos com a não-qualidade claramente superiores aos das restantes três. A eventualidade de este valor não corresponder à realidade é de certo modo contrariada pelo facto de a empresa F ter sido aquela que indicou ter quantificado a maior percentagem de custos elementares da não-qualidade com base em registos contabilísticos. Dos 9 custos elementares da não-qualidade quantificados por esta empresa, 7 tiveram por base os seus registos contabilísticos. Por outro lado, não se pode ignorar a possibilidade de os custos da não-qualidade indicados pelas restantes três empresas estarem subestimados.

A empresa B é a que revela ter os maiores custos com a qualidade, apresentando também os custos com a não-qualidade mais elevados. Esta constatação contraria o que seria expectável, isto é, que quanto maiores são os custos da qualidade, menores serão os custos da não-qualidade. Contudo, este resultado deve ser relativizado face à grande percentagem de custos quantificados por estimativa nas respostas da empresa B. Todos os custos elementares da qualidade foram estimados e dos 8 custos elementares da não-qualidade quantificados 7 foram estimativas.

Comparação dos custos relacionados com a qualidade com a dimensão das empresas

Tal como foi constatado por Rosenfeld (2009), também neste trabalho não parece existir uma correlação entre a dimensão das empresas e os seus custos relacionados com a qualidade. A designação escolhida inicialmente para as empresas respondentes, por letras, de A até I, corresponde a uma ordenação das empresas por ordem decrescente de dimensão, como se

pode observar na Tabela 13. Contudo, a análise da Figura 12 não evidencia qualquer tendência crescente ou decrescente dos custos da qualidade e da não-qualidade.

Relação dos custos relacionados com a qualidade com a certificação ISO 9001

A Figura 13 apresenta a mesma informação da Figura 12, contudo na Figura 13 as empresas são ordenadas de forma diferente. Na Figura 13 as empresas são apresentadas, da esquerda para a direita, por ordem decrescente de antiguidade da sua certificação segundo a ISO 9001. Esta figura pretende evidenciar uma eventual correlação entre o período de tempo com esta certificação e os custos relacionados com a qualidade.

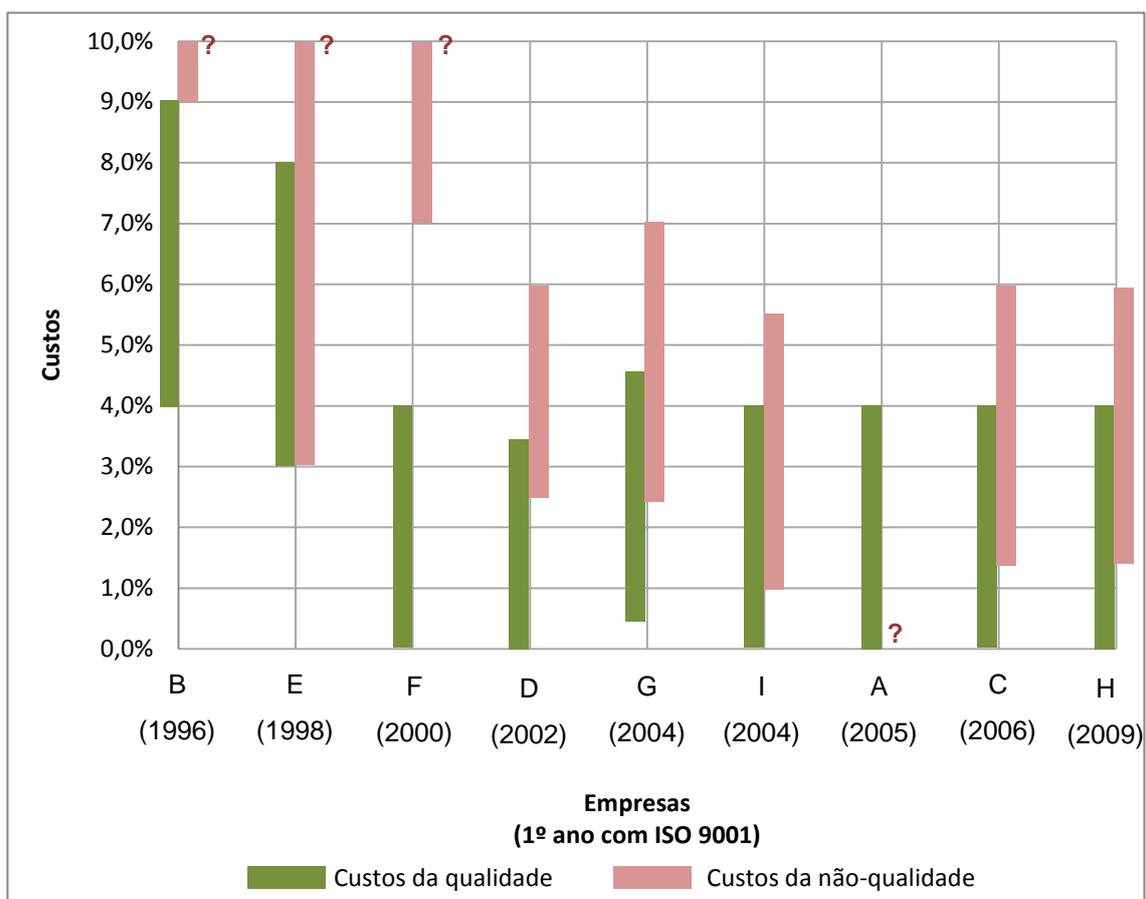


Figura 13 - Custos da qualidade e custos da não-qualidade (por empresa, com estas ordenadas por ordem decrescente do número de anos com certificação ISO 9001)

Não se detecta nenhuma correlação evidente dos custos da qualidade e da não-qualidade com a antiguidade da certificação ISO 9001 das empresas através da análise da Figura 13, com excepção do que a seguir se menciona relativamente às empresas B, E e F. Esta dificuldade pode estar, em parte, ligada ao facto dos custos serem apresentados na forma de intervalo.

As empresas B, E e F são as empresas que há mais tempo estão certificadas segundo a norma ISO 9001 e são as que exibem um limite inferior mais elevado de custos da não-qualidade. Esta constatação é inesperada, uma vez que é expectável que quanto maior for o número de anos com certificação ISO 9001, mais eficazes sejam os sistemas de gestão da qualidade das empresas, o que se traduzirá numa menor incidência de falhas. Acrescente-se a isto o facto das empresas B e E apresentarem os custos da qualidade mais elevados. Uma vez que estas empresas realizam os investimentos mais avultados em qualidade, independentemente da maturidade de certificação ISO 9001, seria de prever que as suas despesas com a não-qualidade fossem das mais reduzidas.

O facto das empresas B e E possuírem os custos da qualidade mais altos pode estar relacionado com o facto de serem as empresas que há mais tempo estão certificadas segundo a ISO 9001, o que eventualmente as torna empresas mais conscientes para a qualidade, realizando por isso investimentos mais elevados nesta vertente. Contudo não é possível sustentar esta hipótese com os custos da qualidade apresentados pelas restantes empresas, uma vez que os intervalos que contêm estes custos são praticamente todos idênticos.

Comparação dos custos relacionados com a qualidade observados neste trabalho com os de outros trabalhos conhecidos

Dos vários estudos consultados, e apresentados no capítulo de Estado da Arte, existem três que fazem a comparação dos custos da qualidade com os custos da não-qualidade. Destes apenas um concluiu que os custos da não-qualidade são superiores aos custos da qualidade, em consonância com a tendência que os resultados do questionário parecem apontar.

A informação recolhida por Rosenfeld (2009) em 8 empresas de construção de Israel permitiu constatar que o custo médio com a qualidade é de 1,73% das receitas das empresas e que o custo médio com a não-qualidade (*interior failures* e *exterior failures*) é de 2,50%.

Por outro lado, Hall e Tomkins (2001) e Kazaz *et al.* (2005) concluíram que os custos da qualidade são superiores aos custos da não-qualidade. Hall e Tomkins (2001) analisaram os custos totais da qualidade de um empreendimento construído no sul de Inglaterra. Desta análise foi possível apurar que as falhas de qualidade custaram 5,84% do valor contratualizado para a construção, ao passo que as actividades de prevenção e avaliação somaram 12,68% desse mesmo valor de referência. Kazaz *et al.* (2005) analisaram 3100 habitações construídas na Turquia tendo concluído que o custo médio das falhas foi de 11,53% do custo total para os compradores das habitações e o custo médio da qualidade de 20,83%.

Na Figura 14 são apresentados os pares custos da qualidade/custos da não-qualidade das empresas que responderam ao questionário e dos 3 estudos referidos, não obstante tratar-se de percentagens calculadas de forma diferente. Para as empresas respondentes ao

questionário apresenta-se o valor médio dos intervalos que encerram os seus custos relacionados com a qualidade. Esta operação só foi possível para as empresas C, D, G, H e I, dado que apenas estas apresentaram os seus custos sob a forma de um intervalo fechado inferior e superiormente.

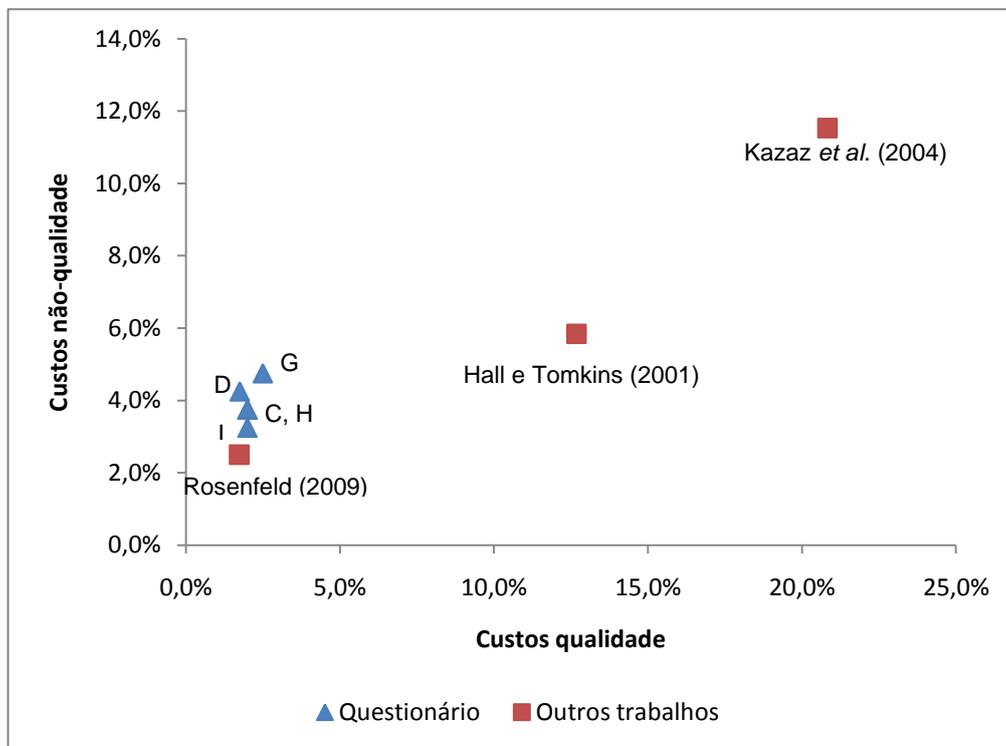


Figura 14 - Custos da qualidade VS Custos da não-qualidade

Como se referiu anteriormente, os custos representados na Figura 14 são percentagens de valores diferentes. Os custos das empresas que responderam ao questionário são percentagens dos seus custos totais anuais, os custos de Rosenfeld (2009) são percentagens das receitas das empresas analisadas, em Hall e Tomkins (2001) os custos são percentagens do valor do contrato e em Kazaz *et al.* (2005) os custos são percentagens do custo total para os clientes. Contudo, considerou-se de interesse realizar esta comparação, tendo presente que esta se realiza entre valores calculados de forma diferente.

Analisando em primeiro lugar os valores referentes ao questionário, constata-se uma certa homogeneidade no seu posicionamento, o que é um indício da existência de um valor característico para os custos relacionados com a qualidade nas empresas de construção portuguesas. Porém, esta homogeneidade aparente pode resultar artificialmente de se terem definido intervalos para a quantificação dos custos e, por outro lado, é enfatizada pelo efeito de escala motivado pelo afastamento dos pontos respeitantes aos outros trabalhos de investigação.

Os valores referentes aos três trabalhos analisados apresentam um afastamento considerável. O valor que diz respeito ao trabalho de Rosenfeld (2009) encontra-se na vizinhança dos valores referentes ao questionário. Uma explicação para este comportamento pode residir no facto de os custos apurados por Rosenfeld (2009), à semelhança dos obtidos neste trabalho, dizerem respeito a empresas de construção e não a projectos de construção específicos.

Comparação dos custos da não-qualidade observados neste trabalho com os de outros trabalhos conhecidos

De uma forma geral os custos da não-qualidade nas várias empresas são semelhantes. Com excepção da empresa A, para a qual não foi possível apurar estes custos pelos motivos já apresentados, e das empresas B e F, o limite inferior dos custos da não-qualidade varia entre os 1 e os 3% dos custos totais das empresas. Já o limite superior dos custos da não-qualidade flutua entre os 5 e os 7% dos custos totais anuais das empresas, estando excluídas desta análise as empresas A, B, E e F por não ter sido possível determinar os respectivos limites superiores dos custos da não-qualidade.

Na Tabela 26 são apresentadas as estimativas dos custos da não-qualidade realizadas nos trabalhos apresentados na secção “Custos da não-qualidade” do capítulo “Estado da Arte”. Apenas foram excluídas as estimativas de Barber *et al.* (2000) que contemplam uma ponderação para o custo dos atrasos provocados pelas falhas. Os trabalhos apresentam descritores diferentes para a não-qualidade: desvios, não-conformidades, defeitos, falhas e repetição de trabalhos (*rework*). Esta falta de coerência foi referida no capítulo de Estado da Arte. Os custos da não-qualidade apresentados na Tabela 26 referentes aos trabalhos de Barber *et al.* (2000), Josephson e Hammarlund (1999) e Love e Edwards (2005) são valores médios visto que estes foram calculados para mais do que um projecto de construção em cada um dos trabalhos. À semelhança da análise anterior, dos pares custos da qualidade/custos da não-qualidade (Figura 14), também neste caso os custos da não-qualidade apresentados na Tabela 26 correspondem a percentagens calculadas de forma diferente, o que compromete a sua comparação directa.

Tabela 26 - Custos da não-qualidade de outros trabalhos conhecidos

Trabalho	Valor	
Love e Li (2000)	2,4%	do valor contratual do empreendimento B
Love e Li (2000)	3,2%	do valor contratual do empreendimento A
Barber <i>et al.</i> (2000)	3,6%	do custo orçamentado do empreendimento 2
Josephson e Hammarlund (1999)	4,9%	do custo de produção
Abdul-Rahman (1995)	5,0%	do valor da proposta (<i>tender value</i>)
Abdul-Rahman <i>et al.</i> (1996)	6,0%	dos custos estimados do empreendimento
Barber <i>et al.</i> (2000)	6,6%	do custo orçamentado do empreendimento 1
Love e Edwards (2005)	12,0%	do valor contratual
Burati <i>et al.</i> (1992)	12,4%	do custo total do empreendimento

Se se construir um intervalo com o minorante (1%) e o majorante (7%) dos limites inferior e superior, respectivamente, dos intervalos que representam os custos da não-qualidade das empresas respondentes ao questionário, conclui-se que este intervalo encerra a quase totalidade dos custos da não-qualidade apresentados na Tabela 26. Apenas as estimativas de Love e Edwards (2005) e de Burati *et al.* (1992) não estão incluídas. Pode assim afirmar-se que se verifica uma razoável compatibilidade entre os valores obtidos com o questionário e os publicados na literatura, não obstante as limitações já referidas do presente estudo.

Origem da quantificação dos custos relacionados com qualidade

A Figura 15 permite constatar que a maioria dos custos elementares quantificados o foi com base numa estimativa. Apenas 32,9% dos custos elementares da qualidade e 35,7% dos custos da não-qualidade foram quantificados com base em registos contabilísticos.

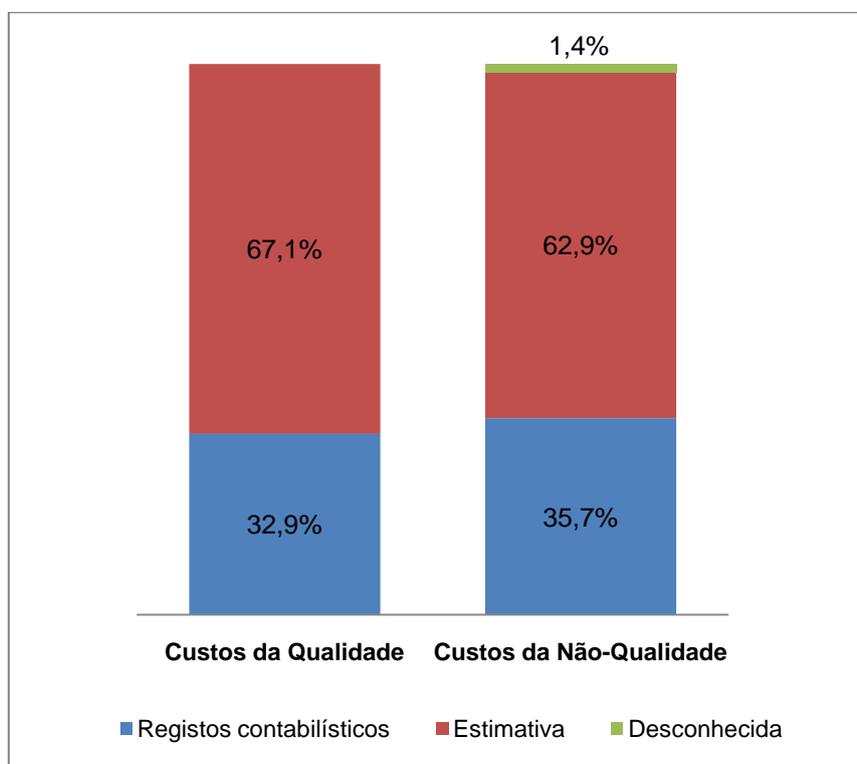


Figura 15 - Origem da quantificação dos custos elementares da não-qualidade

O facto de cerca de 1/3 dos custos elementares ter sido quantificado com base em registos contabilísticos é um dado satisfatório. Contudo é desejável que a proporção de custos registados seja maximizada. Não colocando em causa a fiabilidade das estimativas dos respondentes, é um dado adquirido que uma quantificação com base em registos é preferível a uma quantificação por estimativa. A avaliação rigorosa dos custos da qualidade e da não-qualidade é essencial para que se possam retirar conclusões credíveis e generalizáveis.

4.1 Sugestões para melhoria ao questionário

Nesta secção são apresentadas propostas de melhoria do questionário, tendo em conta as insuficiências detectadas no mesmo após recepção e análise das respostas.

A questão relativa aos alvarás de construção possuídos pelas empresas não se mostrou adequada para a diferenciação das empresas no que concerne ao tipo de trabalhos por si realizados. Assim, sugere-se que a diferenciação das áreas de actuação das empresas seja realizada de outra forma. Possivelmente através de uma questão de resposta fechada sobre os tipos de trabalhos de construção que mais frequentemente são executados pelas empresas.

As classes apresentadas para indicação do número de empregados mostraram-se pouco adequadas à definição da dimensão das empresas, se tivermos em conta os critérios oficiais. Para que as respostas permitam uma classificação de acordo com a definição de micro, pequena ou média empresa (PME) presente no Decreto-Lei n.º 372/2007, de 6 de Novembro, sugere-se que as duas primeiras classes (“<100” e “100-500”) sejam substituídas por três, a saber: “<50”, “50-250” e “250-500”.

O âmbito das várias opções de resposta à questão vi) (sobre a forma como o tema “qualidade” é abordado na estrutura das empresas) não foi claro para os respondentes, o mesmo acontecendo, provavelmente, com as questões viii) e ix) (referentes à existência de registos individualizados dos custos relacionados com a qualidade), como oportunamente se mencionou. A possível ambiguidade das questões e/ou opções de resposta é um aspecto que a realização de um questionário-piloto poderá detectar.

Cerca de 83% dos custos elementares da qualidade foram quantificados pelas empresas na categoria “<0,5%”. Esta categoria foi seleccionada em aproximadamente 42% dos custos elementares da não-qualidade. Seria interessante num futuro questionário afinar a extensão deste e de outros intervalos com o objectivo de obter custos mais precisos. Este aperfeiçoamento deverá ocorrer numa fase inicial do trabalho de forma a perceber qual é o grau de precisão com que as empresas conseguem quantificar os custos relacionados com a qualidade.

A existência de classes de custos cujos intervalos não sejam limitados superiormente é claramente indesejável. O facto de existirem custos da não-qualidade sem um limite superior é uma consequência de se ter definido como uma das opções de quantificação dos custos elementares um intervalo aberto à direita (“>2%”). Esta escolha tem de ser considerada um erro cometido na elaboração do questionário. Para evitar que esta situação ocorra é necessário criar intervalos de resposta para a quantificação dos custos com limites superiores suficientemente elevados. Outra solução, mantendo como opção um intervalo aberto à direita,

é solicitar que as empresas indiquem uma estimativa do majorante desse custo. Refira-se que, também para este problema, a realização de um questionário-piloto poderia ter sido útil.

Após detecção deste erro na construção do questionário, abordaram-se as empresas que assinalaram custos elementares da não-qualidade superiores a 2% dos seus custos totais, e dos quais indicaram possuir registos contabilísticos, para que revelassem o seu valor efectivo. Contudo esta tentativa apenas teve sucesso com a empresa B, no item “Custos com reparações dentro do período de garantia”.

Nas partes 3 e 4 do questionário, onde era solicitada a quantificação, respectivamente, dos custos da qualidade e dos custos da não-qualidade, os respondentes só quantificaram os tipos de custos aí apresentados. O facto de o número de custos elementares da não-qualidade ser superior ao número de custos elementares da qualidade, conjugado com a utilização de classes de valor de custos, pode conduzir, erradamente, a que os limites dos intervalos obtidos para o custo da não-qualidade obtido sejam superiores aos do custo da qualidade.

Outro aspecto negativo da apresentação de uma lista fechada de custos para quantificação é a possibilidade de terem sido omitidos custos relacionados com a qualidade em que as empresas incorram. De facto, apenas é solicitada a quantificação dos custos elementares apresentados no questionário, o que não são necessariamente todos os custos relacionados com a qualidade das empresas de construção.

Não obstante o facto de se acreditar que a lista de custos relacionados com a qualidade apresentada contém os tipos de custo mais importantes e mais frequentes na indústria da construção, teria sido interessante que os respondentes pudessem ter quantificado tipos de custos diferentes dos apresentados no questionário.

5 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

5.1 Conclusões

O sucesso deste trabalho ficou em parte comprometido pela reduzida taxa de resposta ao questionário. Este facto impediu a realização de uma análise estatística das respostas através da qual se poderiam retirar conclusões mais rigorosas e por conseguinte mais credíveis. Como tal, as conclusões obtidas na análise das respostas são de carácter meramente qualitativo.

O contacto por *e-mail* revelou-se insuficiente, dado que surgiram algumas contradições nas respostas que não foi possível esclarecer por essa via. É altamente recomendável que haja alguma interacção pessoal com as empresas que apresentam respostas sobre as quais existam dúvidas.

O tema qualidade está, aparentemente, estabelecido nas empresas de construção. Todas as empresas respondentes ao questionário indicaram ter um Departamento de Qualidade, assim como informaram que o seu sistema de gestão da qualidade é certificado segundo a norma ISO 9001.

As empresas parecem ter maior interesse no conhecimento dos custos da não-qualidade do que no dos custos da qualidade. Esta conclusão é sugerida por dois factos. Primeiramente, o número de empresas que referem registar os custos da não-qualidade é superior ao número de empresas que indicam fazê-lo para os custos da qualidade. Depois, é referida a inexistência de benefícios no registo individual apenas como motivo para não serem registados individualmente os custos da qualidade.

Na maioria das empresas que responderam ao questionário, os custos da não-qualidade apresentam-se tendencialmente superiores aos custos da qualidade, apesar das limitações reconhecidas durante o cálculo destes custos e que foram expostas no capítulo de análise das respostas ao questionário. Apesar de a superioridade dos custos da não-qualidade em relação aos custos da qualidade ser apoiada pelos resultados de Rosenfeld (2009), os trabalhos de Hall e Tomkins (2001) e de Kazaz *et al.* (2005) revelam o oposto. Tal como foi oportunamente referido, os custos apresentados por Rosenfeld (2009) dizem respeito aos custos de empresas de construção em toda a sua actividade, enquanto que nos outros dois trabalhos se tratam de custos relacionados com a qualidade ocorridos em projectos de construção específicos. É preciso ter em consideração que os custos incorridos por uma empresa no primeiro caso são superiores. Isto porque existem custos relacionados com a qualidade exteriores aos projectos de construção, caso dos custos com auditorias à empresa ou dos custos com a formação para a qualidade dos colaboradores.

A análise dos custos da não-qualidade expressos em intervalos fechados à esquerda e à direita revela que estes se encontram entre 1 e 7% dos custos totais das empresas de construção. A maioria dos estudos apresentados na secção “Custos da não-qualidade” do capítulo de Estado da Arte revela custos da não-qualidade que se encontram dentro deste intervalo.

No que concerne à proveniência do valor para a quantificação dos custos por parte dos respondentes, constata-se que cerca de dois terços dos valores dos custos elementares foram estimados. A proporção de custos quantificados por estimativa é praticamente idêntica para a qualidade e para a não-qualidade. É essencial que os custos relacionados com a qualidade sejam correctamente avaliados para que construir com qualidade não seja sinónimo de custos excessivos.

Os dados obtidos através do questionário não evidenciam qualquer correlação dos custos relacionados com a qualidade com a dimensão das empresas nem com o espaço de tempo decorrido desde a 1ª certificação ISO 9001 das empresas.

A análise dos vários trabalhos presentes no capítulo de Estado da Arte permite retirar algumas conclusões pertinentes relativamente ao tema dos custos relacionados com a qualidade na indústria da construção.

A primeira das conclusões prende-se com o facto de os sistemas de identificação e recolha dos custos relacionados com a qualidade apresentados estarem orientados para a fase de construção. Conforme vários dos trabalhos analisados no Estado da Arte atestam, a fase de projecto é fonte de consideráveis custos da não-qualidade, pelo que esta fase deve também ser analisada por estes sistemas.

Não obstante a preocupação em desenvolver processos para identificação e recolha de ambos os tipos de custos relacionados com a qualidade, a maioria dos sistemas apresentados focam-se essencialmente nos custos da não-qualidade. De uma forma geral, do ponto de vista destes sistemas, os custos da não-qualidade são os custos da repetição de trabalhos ocorrida nos locais de construção. Com estes sistemas pretende-se igualmente descortinar a origem e a(s) causa(s) da não-qualidade.

O modelo “Prevenção, Avaliação e Falhas” (PAF) é o escolhido pela quase totalidade dos estudos para a classificação dos custos relacionados com a qualidade. Apesar de o modelo de custo dos processos (PCM) ser apresentado como mais simples e de aparentemente necessitar menos recursos, a sua utilidade no conhecimento da magnitude dos custos relacionados com a qualidade é duvidosa. Esta incerteza prende-se com o facto de o PCM

apresentar o custo dos processos apenas em termos da sua distribuição em custos de conformidade e em custos de não-conformidade. Por outro lado, os custos relacionados com a qualidade detectados no PCM são apenas relativos aos processos de construção. Como já foi referido, os custos da qualidade e da não-qualidade não se limitam aos processos de construção.

Como referido anteriormente, a fase de projecto está na origem de muitos casos de não-qualidade. Destacam-se os erros contidos nos projectos técnicos e as alterações tardias aos mesmos, levando à repetição de trabalhos realizados de acordo com os requisitos iniciais. Estes erros e alterações são, em parte considerável, resultantes do fraco conhecimento das necessidades e exigências do cliente/dono de obra e das inadequadas competências dos recursos humanos.

Alguns dos trabalhos consultados referem os subempreiteiros e fornecedores como causas importantes para os custos da não-qualidade. Essa referência mostra a importância de não limitar o estudo aos empreiteiros, sob pena de os custos da não-qualidade, e igualmente os custos da qualidade, serem subavaliados.

Os custos da não-qualidade avaliados na maioria das investigações descritas nesta dissertação são na realidade custos da repetição de trabalhos, à semelhança do que acontece com a maioria dos sistemas de identificação e recolha de custos apresentados. Estes custos são compostos geralmente pelos custos dos materiais e da mão-de-obra necessários à repetição dos trabalhos.

O princípio ou lei de Pareto é referida na explicação do fenómeno da não-qualidade na construção. Em alguns trabalhos de investigação, uma reduzida percentagem das falhas de qualidade é apresentada como responsável por uma grande percentagem dos custos totais incorridos com a correcção de falhas.

Os custos indirectos e intangíveis da não-qualidade são abordados de forma pouco sistemática. A extraordinária complexidade da sua quantificação é porventura o motivo para este facto. Dos trabalhos apresentados, apenas 3 (Barber *et al.*, 2000; Hall e Tomkins, 2001; Rosenfeld, 2009) tentam quantificar estes custos no todo ou em parte, contudo fazem-no de uma forma grosseira e com resultados pouco credíveis.

5.2 Trabalho futuro

Na realização de futuros questionários devem ser ponderadas medidas que permitam obter uma taxa de resposta superior à da que se verificou neste trabalho. A disponibilização do questionário na internet, facilitando o processo de resposta, pode ser uma medida nesse sentido. Actualmente existem soluções que permite criar questionários *on-line* de uma forma

expedita e sem custos. Do trabalho de Love e Edwards (2005) podem ser retiradas algumas sugestões, tendo em conta que a taxa de resposta ao questionário realizado nesse trabalho foi de 32%, quase 6 vezes superiores à obtida nesta dissertação. Destaca-se nesse trabalho a interacção mais directa com as empresas. O envio do questionário-piloto foi precedido de contactos telefónicos para apresentação dos objectivos da investigação. Love e Edwards (2005) referiram ainda que o envio personalizado do questionário a quadros superiores das empresas pode conduzir a um maior grau de confiança nas respostas.

As sugestões de melhoria ao questionário, apresentadas no capítulo anterior, devem também ser consideradas caso futuramente se realizem questionários baseados no que foi produzido para este trabalho.

Uma questão que ficou patente na análise das respostas ao questionário diz respeito ao nível de conhecimento das empresas relativamente ao tema “custos relacionados com a qualidade”. Trabalhos futuros devem ter em consideração esta dúvida, tentando perceber se as empresas conhecem o conceito de custos da qualidade e da não-qualidade e se os custos por si quantificados são efectivamente deste tipo.

É fundamental que trabalhos futuros obtenham custos da qualidade e da não-qualidade com maior precisão. Caso o trabalho se apoie na realização de um questionário, uma das possibilidades para alcançar esse objectivo passa pela quantificação dos custos elementares, através de resposta fechada, em intervalos de menor dimensão.

Seria igualmente interessante perceber o impacto dos sistemas de gestão da qualidade nos custos totais da qualidade. Com esse intuito poder-se-ia tentar quantificar os custos relacionados com a qualidade antes e depois da implementação destes sistemas, com o objectivo de comparar, não só o seu total, como também os custos da qualidade e da não-qualidade.

Não obstante a dificuldade que se reconhece a esta sugestão, seria interessante conhecer uma estimativa, mesmo que muito superficial, dos custos indirectos e intangíveis da não-qualidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdul-Rahman, H. (1993). Capturing the cost of quality failures in civil engineering. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 10(3), 20-32.

Abdul-Rahman, H. (1995). The cost of non-conformance during a highway project: A case study. *Construction Management and Economics*, 13, 23-32.

Abdul-Rahman, H., Thompson, P.A. & Whyte, I.L. (1996). Capturing the cost of non-conformance on construction sites: An application of the quality cost matrix. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 13(1), 48-60.

Aoieong, R.T., Tang, S.L. & Ahmed, S.M. (2002). A process approach in measuring quality costs of construction projects: Model development. *Construction Management and Economics*, 20, 179-192.

Barber, P., Graves, A., Hall, M., Sheath, D. & Tomkins, M. (2000). Quality Failure costs in civil engineering projects. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17(4/5), 479-492.

Burati, J.L. & Farrington, J.J. (1987). *Costs of quality deviations in design and construction*. CII Source Document No. 29. Austin, Texas: The Construction Industry Institute.

Burati, J.L., Farrington, J.J. & Ledbetter, W.B. (1992). Causes of quality deviations in design and construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 118(1), 34-49.

Burgess, T.F. (1996). Modeling quality-cost dynamics. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 13(3), 8-26.

Campanella, J. (1989). Quality costs: principles and implementation, in Campanella, J. (Ed.). *Quality costs: Ideas and applications. A Collection of Papers*, 2. 460-473. Milwaukee, WI: Quality Press.

CII (1989). Costs of Quality Deviations in Design and Construction. *Quality Management Task Force*, Construction Industry Institute, 10(1).

Crosby, P.B. (1979). *Quality is free*. New York: McGraw-Hill.

Dale, B.G. & Plunkett, J.J (1995). *Quality costing*. London: Chapman & Hall.

Davis, K., Ledbetter, W. R. & Burati Jr., J. L. (1989). Measuring design and construction quality costs. *Journal of Construction Engineering and Management*, 115(3), 385–400.

- Feigenbaum, A.V. (1961). Total Quality Control. *Harvard Business Review*, 34(6), 93-101.
- Feigenbaum, A.V. (1991). *Total Quality Control*. New York: McGraw-Hill.
- Foster Jr., S.T. (1996). An examination of the relationship between conformance and quality-related costs. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 13(4), 50–63.
- Gryna, F.M. (1988). *Quality Improvement*, in: J.M. Juran, F.M. Gryna (Eds.), *Juran's Quality Control Handbook* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Hagan, J.T. (Ed.) (1986). *Principles of quality costs*. Milwaukee, WI: Quality Press.
- Hall, M. & Tomkins, C. (2001). A cost of quality analysis of a building project: Towards a complete methodology for design and build. *Construction Management and Economics*, 19, 727-740.
- Hammarlund, Y., Jacobsson, S. & P.-E. Josephson (1990). Quality failure costs in building construction. *CIB International Symposium at the University of Technology, Sydney*. March 1990, 14-21.
- Josephson, P.-E. & Hammarlund, Y. (1999). The causes and costs of defects in construction: A study of seven building projects. *Automation in Construction*, 8, 681-687.
- Juran, J.M. (1951). *Quality control handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Juran, J.M. & Gryna, F.M. (1993). *Quality planning and analysis* (3rd ed). New-York: McGraw-Hill.
- Kamlesh, K.R.S. & Peter, T.F. (1998). A review of quality cost surveys. *Total Quality Management*, 9(6), 479-486.
- Kazaz, Aynur, Birgonul, M. Talat & Ulubeyli, Serdar (2005). Cost-based analysis of quality in developing countries: a case study of building projects. *Building and Environment*, 40(10), 1356-1365.
- Kumar, K. & Brittain, J.C. (1995). Cost of quality: Evaluating the health of British manufacturing industry. *The TQM magazine*, 7(5), 50-57.
- Ledbetter, W. B. (1994). Quality performance on successful project. *Journal of Construction Engineering and Management*, 120 (1), 34-46.
- Love, P.E.D., Mandal, P. & Li, H. (1999). Determining the causal structure of rework influences in construction. *Construction Management and Economics*, 17, 505-517.

- Love, P.E.D., Li, H., & Mandal, P. (1999). Rework: a symptom of a dysfunctional supply-chain. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 5, 1-11.
- Love, P.E.D., & Li, H. (2000). Quantifying the causes and costs of rework in construction. *Construction Management and Economics*, 18, 479-490.
- Love, P.E.D., Mandal, P., Smith, J. & Li, H. (2000). Modeling the dynamics of design error induced rework in construction. *Construction Management and Economics*, 18, 567-574.
- Love, P.E.D. (2002). Influence of Project Type and Procurement Method on Rework Costs in Building Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, January/February, 18-29.
- Love, Peter E.D. & Irani, Zahir (2003). A project management quality cost information system for the construction industry. *Information & Management*, 40, 649-661.
- Love, P.E.D. & Edwards, D.J. (2004). Forensic project management: the underlying causes of rework in construction projects. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 21(3), 207-228.
- Love, P.E.D. & Edwards, D.J. (2005). Calculating total rework costs in Australian construction projects. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 22(1), 11-27.
- Low, S.P. & Yeo, H.K.C. (1998). A construction quality costs quantifying system for the building industry. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 15(3), 329-349.
- Plunkett, J.J. & Dale, B.G. (1988). Quality costs, a critique of some 'economic cost of quality' models. *International Journal of Production Research*, 26(11), 1713-26.
- Porter, L.J. & Rayner, P. (1992). Quality costing for total quality management. *International Journal of Production Economics*, 27, 69-81.
- Rosenfeld, Y. (2009). Cost of quality versus cost of non-quality in construction: the crucial balance. *Construction Management and Economics*, 27, 107-117.
- Tang, S.L., Aoieong, R.T. & Ahmed, S.M. (2004). The use of Process Cost Model (PCM) for measuring quality costs of construction projects: Model testing. *Construction Management and Economics*, 22, 263-275.
- Willis, T.H. & Willis, W.D. (1996). A quality performance management system for industrial construction engineering projects. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 13(9), 38-48.

7 ANEXOS

Anexo 1 - Questionário

QUESTIONÁRIO

Este trabalho insere-se no âmbito de duas dissertações de mestrado integrado em Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico, realizadas no Laboratório Nacional de Engenharia Civil. As dissertações têm como objectivo a avaliação dos custos associados à qualidade e às falhas resultantes da falta de qualidade na indústria da construção em Portugal.

O desenvolvimento deste tema tem interesse, quer a nível académico, quer a nível prático, uma vez que é um tema que ainda não foi abordado em Portugal e cujo desenvolvimento pode trazer benefícios para todos os intervenientes. No caso das empresas de construção, estas poderão reduzir os custos totais, uma vez identificados e quantificados os custos associados à qualidade. Para os utilizadores finais, estes terão acesso a produtos com maior qualidade e com menor incidência de defeitos, resultantes da falta de qualidade. Finalmente sublinha-se também o efeito positivo que este estudo poderá ter na redução da quantidade de recursos utilizados, visto que a identificação dos custos da não-qualidade permite a optimização de processos.

O questionário que se segue foi desenvolvido com base no modelo PAF (prevention-appraisal-failure), introduzido por Plunkett e Dale em 1988 e utilizado em estudos já realizados noutros países (Yehiel Rosenfeld, 2009; Peter Love e Heng Li, 2000), para avaliar os custos da qualidade e da não-qualidade. Para efeitos deste trabalho, entende-se como custos da qualidade os custos de prevenção e de avaliação e como custos de não-qualidade os custos das falhas, que se podem dividir em falhas internas e externas. Seguidamente apresentam-se as definições que ajudam a compreender este modelo e auxiliam ao entendimento deste questionário:

- **Custos de prevenção:** custos associados a acções tomadas para investigar, prevenir e reduzir a ocorrência de irregularidades, erros e defeitos nos processos que dão origem a falhas;
- **Custos de avaliação:** custos associados a acções de controlo, monitorização e avaliação efectuadas em todas as fases de um empreendimento com o objectivo de detectar irregularidades, erros e defeitos e avaliar o cumprimento dos requisitos de qualidade;
- **Custos de falhas internas:** custos no interior de uma organização associados a acções de correcção de irregularidades, erros e defeitos, detectados na fase de avaliação, antes da entrega ao cliente;

- **Custos de falhas externas:** custos associados a acções de correcção de irregularidades, erros e defeitos, não detectados na fase de avaliação, após a entrega ao cliente.

O sucesso deste trabalho está em grande parte dependente das respostas a este questionário, pelo que desde já agradecemos a sua colaboração, fornecendo respostas o mais precisas possíveis. Comprometemo-nos a tratar os dados de uma forma inteiramente confidencial, compreendendo que a informação fornecida é do foro interno da empresa. Apenas serão utilizados nas dissertações e outras publicações de natureza científica valores agregados e parâmetros estatísticos obtidos a partir dos mesmos.

Referências:

- Rosenfeld, Yehiel (2009) - "Cost of quality versus cost of non-quality in construction: the crucial balance", *Construction Management and Economics*, vol. 27, 107-117.
- Love, P.E.D and Li, H. (2000) - "Quantifying the causes and costs of rework in construction", *Construction Management and Economics*, vol. 18, 479-490.

1ª Parte – Caracterização da empresa:

- i. Designação Social: Responder aqui
- ii. Capital Social: Responder aqui
- iii. Volume de negócios em 2008 (em milhões de euros): Responder aqui
- iv. Nº de empregados:
- a. No quadro permanente:
- < 100
- 100 a 500
- 500 a 1000
- > 1000
- b. Em média no ano de 2008 (incluindo os do quadro permanente):
- < 100
- 100 a 500
- 500 a 1000
- > 1000
- v. Assinale as categorias para as quais a empresa possui alvará de construção:
- Edifícios e Património Construído;
- Vias de Comunicação, Obras de Urbanização e outras infra-estruturas;
- Obras Hidráulicas;
- Instalações Eléctricas e Mecânicas;
- Outros trabalhos. Quais?
- Responder aqui

2ª Parte – Posicionamento relativamente às questões da qualidade.

vi. Assinale a opção que melhor define a situação da empresa:

Possui um departamento de Qualidade. Qual o número de empregados nesse departamento? Responder aqui

Possui um responsável pela qualidade;

Não possui nenhum elemento directamente responsável pela qualidade.

vii. A empresa tem certificação ISO 9001?

Sim Não

a) Se respondeu que sim à questão anterior, desde que ano possui certificação? Responder aqui

viii. A empresa possui registos individualizados dos custos da qualidade?

Sim Não

a) Se respondeu não na questão anterior, indique o principal motivo para essa opção:

O seu registo não traz benefícios para a empresa;

O processo para registar estes custos é demasiado complexo;

Outro motivo. Qual?

Responder aqui

ix. A empresa possui registos individualizados dos custos de não-qualidade

Sim Não

a) Se respondeu não na questão anterior, indique o principal motivo para essa opção:

O seu registo não traz benefícios para a empresa;

O processo para registar estes custos é demasiado complexo;

Outro motivo. Qual? Responder aqui

3ª Parte – Informação sobre custos da qualidade

x. Assinale a existência, e quantifique se possível, de custos de prevenção considerados pela empresa (em percentagem do total de custos anuais da empresa). Se quantificar, assinale a origem dos valores indicados.

a) Custos com o pessoal do sector de qualidade da empresa;

< 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;

Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

b) Custos com a formação para a qualidade;

< 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;

Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

c) Custos com auditorias internas de qualidade;

< 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;

Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

d) Custos com a acreditação e monitorização de fornecedores;

< 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;

Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

xi. Assinale a existência, e quantifique se possível, de custos de avaliação considerados pela empresa (em percentagem do total de custos anuais da empresa). Se quantificar, assinale a origem dos valores indicados.

a) Custos com o controlo de materiais e produtos;

< 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;

Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

b) Custos com o controlo interno da qualidade durante a obra;

< 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;

Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

c) Custos com os equipamentos de controlo de qualidade;

< 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;

Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

d) Custo de inspecções antes de entrega.

< 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;

Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

4ª Parte – Informação sobre custos da não-qualidade

xii. Assinale a existência, e quantifique se possível, de custos de falhas internas consideradas pela empresa (em percentagem do total de custos anuais da empresa). Se quantificar, assinale a origem dos valores indicados.

- a) Custos com correcções de projectos elaborados na empresa;
 < 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;
Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.
- b) Custos decorrentes de deficiências nas propostas;
 < 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;
Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.
- c) Custos decorrentes de deficiências no planeamento;
 < 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;
Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.
- d) Custos devidos a falhas no sistema de aprovisionamento;
 < 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;
Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

- e) Custos induzidos por avarias de equipamentos;
- < 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;
- Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.
- f) Custos com a repetição de trabalhos e correcção de defeitos na construção detectados antes da entrega ao cliente.
- < 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;
- Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

xiii. Assinale a existência, e quantifique se possível, de custos de falhas externas consideradas pela empresa (em percentagem do total de custos anuais da empresa). Se quantificar, assinale a origem dos valores indicados.

a) Custos com o tratamento de reclamações de clientes;
 < 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;

Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

b) Custos com reparações dentro do período de garantia;
 < 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;

Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

c) Custos devido a compensações, multas e outros custos legais.
 < 0,5% 0,5 - 1% 1 - 2% > 2% Não sabe;

Origem: Estimativa;
 Registos contabilísticos.

Fim do questionário.