

Desvios em empreendimentos de construção: A perspetiva do empreiteiro

Francisco Moura Vieira Natal Garcia

Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientadores:

Prof. Doutor Vítor Faria e Sousa

Eng.^a Micaela Almeida Miranda da Silva

Júri

Presidente: Prof. Doutor Jorge Manuel Caliço Lopes de Brito

Orientador: Eng.^a Micaela Almeida Miranda da Silva

Vogal: Prof. Doutor Carlos Paulo Novais Oliveira da Silva Cruz

Dezembro 2020

Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

DESVIOS EM EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO: A PERSPETIVA DO EMPREITEIRO

RESUMO

O custo de uma empreitada é um dos principais parâmetros a ter em conta ao longo da gestão de um empreendimento, pelo que os desvios de custo constituem uma das métricas mais utilizadas para avaliar o sucesso/insucesso dos empreendimentos de construção.

A literatura demonstra que os desvios podem ser qualificados através das suas causas segundo o ponto de vista das principais entidades envolvidas num projeto de construção, o dono de obra, o empreiteiro e os projetistas.

A presente dissertação visa quantificar e modelar os desvios de custo em empreitadas de construção de edifícios residenciais na perspetiva do empreiteiro. Procurar-se-á também identificar e analisar potenciais causas subjacentes a esses desvios.

Assim, realizou-se um estudo na empresa CIVILRIA onde se analisou um conjunto de 16 empreendimentos, dos quais 4 dizem respeito a reabilitações e 12 a construção nova.

Palavras-chave: Empreiteiro, Desvios de custo, Orçamento, Empreendimentos de construção.

DEVIATIONS IN CONSTRUCTION PROJECT: THE CONTRACTOR'S PERSPECTIVE

ABSTRACT

The cost of a project is one of the main parameters to be taken into account throughout its development, so cost deviations are one of the most commonly used metrics for assessing the success of a construction project.

Literature shows that deviations can be classified through their causes from the point of view of the main entities involved in a construction project - the construction owner, the contractor and the designers.

This dissertation aims to quantify and model cost deviations in residential building construction projects from the contractor's perspective. It will also seek to identify and analyse potential underlying causes for these deviations.

A study was thus carried out at CIVILRIA, a construction company, where a set of 16 developments were analysed, of which 4 concern rehabilitation and 12 new construction.

Key-words: Contractor, Cost variances, Budget, Construction projects.

AGRADECIMENTOS

Finalizada uma etapa particularmente importante na minha vida, gostaria expressar um enorme agradecimento a todos aqueles que me acompanharam ao longo do meu percurso académico.

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus orientadores pelos ensinamentos, conselhos, disponibilidade e por todo o apoio prestado, ao Professor Doutor Vítor Sousa que me sugeriu o tema desta dissertação; e à Engenheira Micaela que me disponibilizou a base de dados para a realização deste trabalho.

Quero destacar um especial agradecimento ao Engenheiro Artur Varum, que se tornou uma verdadeira referência para mim, pela oportunidade e confiança.

Ao meu colega e amigo Engenheiro Renato França pelo apoio e por me ensinar a verdadeira arte de exercer engenharia.

A todos os meus amigos e colegas do Instituto Superior Técnico, destacando o Francisco, o João e o Zé Miguel.

À Rita por todo o seu carinho, confiança e compreensão.

Aos meus especiais amigos de longa data, Miguel, Inês, Diogo, Ana, Gonçalo, Catarina, João, Sara, Vasco, Janica, James, Teresa, Carolina e Carlota por todos os momentos partilhados e por serem quem são.

À minha família, avós, tios e primas por sempre desejarem o melhor para mim.

À minha irmã, Mafalda, que mesmo estando longe fisicamente sempre me apoiou.

Por fim, o meu especial agradecimento à minha mãe, Maria Paula, e ao meu pai, António Manuel, pelos valores que sempre me transmitiram e porque lhes devo toda a educação e formação adquirida. Sem eles, não seria possível.

ÍNDICE DE TEXTO

RESUMO	I
ABSTRACT	III
AGRADECIMENTOS	V
ÍNDICE DE TEXTO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
ABREVIACÕES E SIGLAS	XIII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos e metodologia	1
1.3 Organização do documento.....	2
2 RESUMO DO CONHECIMENTO	3
2.1 Considerações Gerais	3
2.2 Orçamentação.....	4
2.3 Calendarização	5
2.4 Controlo de custos e prazos	6
2.4.1 Classificação dos atrasos	6
2.4.2 Metodologia <i>earned value management</i> (EVM).....	8
2.5 Desvios de custos e prazos	10
3 CASO DE ESTUDO E METODOLOGIA.....	21
3.1 Considerações gerais	21
3.2 Apresentação do caso de estudo	21
3.2.1 Caracterização da empresa e escolha da amostra.....	21
3.2.2 Recolha e organização da informação	22
3.2.3 Caracterização da amostra.....	23
3.3 Metodologia de análise	26
3.3.1 Ferramentas utilizadas	26
3.3.2 Procedimento da análise	26

4	ANÁLISE E RESULTADOS	29
4.1	Análise descritiva	29
4.2	Análise unidimensional	34
4.2.1	Testes	36
4.2.2	Correlações.....	38
4.3	Análise multidimensional	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
5.1	Síntese, contributos e principais conclusões	45
5.2	Desenvolvimentos futuros.....	46
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
A	ANEXO I.....	55
B	ANEXO II.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Entidades envolvidas numa obra.....	3
Figura 2: Composição do custo de obra (adaptado de Pilcher 1992; Dias 2010).	5
Figura 3: Classificação dos atrasos (adaptado de Couto & Teixeira, 2005).	7
Figura 4: Contagem das várias categorias.....	18
Figura 5: Principais causas nos atrasos (adaptado de Pires et al., 2007).	19
Figura 6: Principais causas dos desvios de custo (adaptado de Pires et al., 2007).	19
Figura 7: Abordagem adotada no presente estudo.....	21
Figura 8: Área dos empreendimentos por média total.	25
Figura 9: Área dos empreendimentos por média tipologia.	25
Figura 10: Matriz de metodologia de análise.	26
Figura 11: Peso das categorias nas tipologias, sendo (a) pequena, (b) reabilitação e (c) grande.....	29
Figura 12: Desvio parcial absoluto, sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia reabilitação e (c) tipologia grande.....	31
Figura 13: Distribuição do desvio parcial absoluto.....	31
Figura 14: Histograma dos desvios normalizados, sendo (a) agregado, (b) tipologia pequena, (c) tipologia grande e (d) tipologia reabilitação.....	32
Figura 15: Distribuição do desvio normalizado.	33
Figura 16: Histograma do valor por área equivalente normalizada, sendo (a) agregado, (b) tipologia pequena, (c) tipologia grande e (d) tipologia reabilitação.	34
Figura 17: Histograma do valor por área bruta normalizada, sendo (a) agregado, (b) tipologia pequena, (c) tipologia grande e (d) tipologia reabilitação.	34
Figura 18: Gráfico Q-Q normal da variável dependente "valor por área equivalente normalizada", sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia grande e (c) tipologia reabilitação.	36
Figura 19: Gráfico Q-Q normal da variável dependente "valor por área bruta normalizada", sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia grande e (c) tipologia reabilitação.....	36
Figura 20: Dispersão simples de valor por área equivalente normalizada por valor por área bruta normalizada.	40
Figura 21: Dispersão simples de desvio normalizado por número de pisos abaixo do solo.	41

Figura 22: Exatidão dos modelos.....	42
Figura 23: Pesos das variáveis preditoras, sendo o modelo (a) estimativa normalizada, (b) valor por área bruta normalizada, (c) valor por área equivalente normalizada e (d) desvio normalizado.....	44
Figura 24: Desvios das categorias na parcela reorçamentação, sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia reabilitação e (c) tipologia grande.....	55
Figura 25: Desvios das categorias na parcela trabalhos a mais, sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia reabilitação e (c) tipologia grande.....	56
Figura 26: Desvios das categorias na parcela trabalhos a menos, sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia grande e (c) tipologia reabilitação.....	57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Causas dos atrasos (adaptado de Couto & Teixeira, 2005).	7
Tabela 2: Indicadores básicos do EVM (Guia PMBOK, 2013).....	9
Tabela 3: Estudos anteriores sobre as causas dos desvios (adaptado de Hwang et al, 2012).	11
Tabela 4: Lista de causas dos desvios das respectivas categorias (adaptado de Couto, 2007).	11
Tabela 5: Principais causas dos desvios segundo o ponto de vista das várias entidades.	14
Tabela 6: Contagem das causas segundos o ponto de vista das várias entidades.	17
Tabela 7: Resumo das atividades dos empreendimentos.	23
Tabela 8: Caracterização dos empreendimentos.	24
Tabela 9: Testes numéricos de normalidade.	35
Tabela 10: Resultados ANOVA.	37
Tabela 11: Resultados do teste <i>Post Hoc</i> de Bonferroni.	37
Tabela 12: Resumo do teste de hipótese.....	38
Tabela 13: Comparações do valor por área bruta normalizada em pares de tipologia.	38
Tabela 14: Correlação de Pearson.	39
Tabela 15: Correlação entre as variáveis de número de pisos acima e abaixo do solo.....	41
Tabela 16: Resultados dos modelos de regressão linear.	43
Tabela 17: Média dos pesos das categorias, nas diferentes tipologias.....	45
Tabela 18: Desvios parciais absolutos.....	46
Tabela 19: Descritivo da variável dependente "valor por área bruta normalizada".	46
Tabela 20: Descritivo das variáveis dependentes.....	59

ABREVIações E SIGLAS

INSTITUIÇÕES

AICCOPN *Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas*

IMPIC *Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção*

UNIDADES MONETÁRIAS

EUR Euro (€)

OUTRAS

AC Custo Atual

CD Custos Diretos

CI Custos Indiretos

CPI *Cost Performance Index*

CT Custo Total

CV *Cost Variance*

DO Dono de Obra

EQ Equipamento

EV Valor Ganho

EVM *Earned Value Management*

MO Mão de Obra

MT Materiais

PV Valor Planeado

SB Subempreitada

SPI *Schedule Performance Index*

SV *Schedule Variance*

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

A indústria da construção civil é um contribuinte significativo para a economia do país, quer em termos do Produto Interno Bruto como em termos do número de postos de trabalho criados. No entanto, muitos empreendimentos de construção sofrem extensos desvios, sendo frequente as estimativas iniciais de tempo e de custo serem ultrapassadas.

Estes desvios podem ter consequências no sucesso dos empreendimentos e certamente têm impactos negativos nas diversas entidades envolvidas, nomeadamente donos de obra, empreiteiros e projetistas. Se os desvios de custo impactam diretamente no desempenho financeiro dos empreendimentos, os desvios de prazo fazem-no de forma indireta. O dono de obra é prejudicado pelos desvios de prazo, por exemplo, pela perda de potenciais receitas na utilização do empreendimento e pelos custos adicionais de administração e supervisão. O empreiteiro também perde devido aos encargos fixos da empreitada, como é o caso dos encargos com o estaleiro, e a eventuais multas por atrasos, entre outros.

O sucesso e qualidade no desempenho de um projeto de construção dependem da sua gestão, nomeadamente custo, tempo, qualidade e segurança. Estes indicadores são fulcrais para um setor da construção saudável e competitivo. No entanto, atrasos sistemáticos, desvios de custos, qualidade insuficiente e falta de segurança são sintomas que afetam a maioria dos projetos de construção em todo o mundo (Hughes 2007).

Geralmente, os desvios, de prazos e de custos ocorrem independentemente do grau de complexidade do empreendimento. Assim, é necessária investigação universal deste tema problemático, de forma a compreendê-lo melhor e permitir o desenvolvimento e adoção de estratégias, metodologias e ferramentas de gestão mais adequadas para a sua prevenção e otimizar a sua gestão quando ocorrem. Avaliar a frequência dos desvios, a medida em que estes podem ocorrer e a responsabilidade pelos quais acontecem pode fornecer informações para um planeamento precoce, a fim de controlar estes fatores e melhorar o desempenho do projeto (Al-Khalil e Al-Ghafly 1999).

1.2 OBJETIVOS E METODOLOGIA

A presente dissertação teve como principal objetivo analisar quantitativamente os desvios de custo e prazo em empreendimentos de construção na perspetiva do empreiteiro. Tal destina-se, entre outras finalidades, a auxiliar na implementação da gestão quantitativa do risco. Procurou-se também identificar padrões nos desvios observados com as características dos empreendimentos e as causas subjacentes.

A metodologia adotada baseia-se na análise estatística de dados de um caso de estudo, neste caso uma amostra de empreendimentos realizados pela empresa CIVILRIA, incluindo: i) caracterização do empreendimento; ii) levantamento dos custos e prazos iniciais; iii) determinação dos custos e prazos

finais; iv) identificação e categorização das principais causas dos desvios nos empreendimentos; e v) avaliação da sua relevância do ponto de vista do empreiteiro.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

A dissertação está dividida em cinco capítulos, segue-se a descrição sucinta de cada um deles.

Neste presente capítulo, pretende-se introduzir o tema a abordar, os objetivos do trabalho e a sua organização.

No capítulo 2, apresenta-se o resumo do conhecimento. São apresentados alguns conceitos fundamentais para o desenvolvimento da dissertação, nomeadamente orçamentação, planeamento, controlo de custos e prazos e por fim desvios de custos e prazos. Nos dois primeiros pontos, orçamentação e planeamento, estudou-se e definiu-se segundo a ótica do empreiteiro. De seguida, apresentou-se a importância do controlo de custos e prazos, através da classificação dos atrasos e explicou-se de forma sucinta a metodologia *Earned Value Management* (EVM). Apresenta-se na bibliografia, uma série de estudos internacionais e nacionais que estudam os desvios de custos e de prazos.

No capítulo 3, inicia-se o caso de estudo na empresa CIVILRIA. Em primeiro apresenta-se a empresa e seleciona-se a amostra, de seguida caracteriza-se e organiza-se os empreendimentos escolhidos para a investigação.

No capítulo 4 procede-se à análise de resultados que se pode dividir em três partes. Em primeiro lugar, a análise descritiva, que com auxílio de gráficos e histogramas se analisou quantitativamente a amostra em estudo. De seguida, uma análise unidimensional para comparar as distribuições das variáveis em estudo com auxílio de ferramentas estatísticas efetuaram-se alguns testes e correlações. A terceira parte deste capítulo, análise multidimensional, desenvolveram-se a modelos de regressão linear.

Por fim, no capítulo 5, apresenta-se as principais conclusões da dissertação e propõe-se desenvolvimentos futuros para o tema.

2 RESUMO DO CONHECIMENTO

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Um empreendimento de construção envolve geralmente uma relação entre três entidades: i) o dono de obra e fiscalização; ii) o projetista ou consultores; e iii) o empreiteiro, ilustrado na Figura 1. Estes desenvolvem o projeto em conjunto para garantirem o objetivo comum: a execução do empreendimento com qualidade no prazo e custo definidos no contrato.

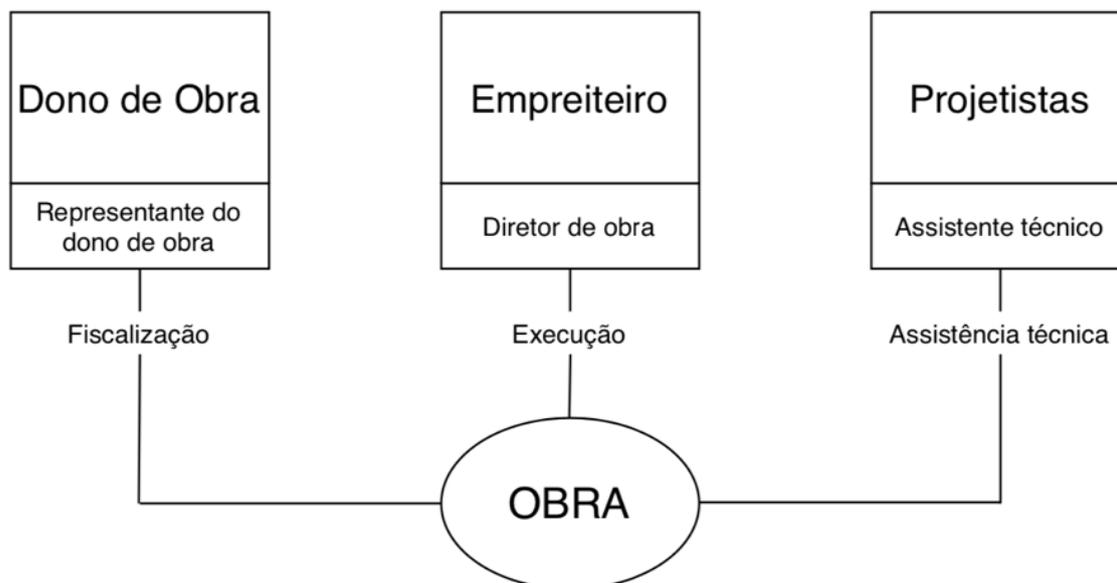


Figura 1: Entidades envolvidas numa obra.

Apesar da generalidade da composição de entidades envolvidas numa obra, descrita na Figura 1, podem ocorrer situações onde o dono de obra e o empreiteiro assumem a mesma pessoa. Esta situação é normalmente comum quando as obras são promovidas por empresas de construção de edifícios de habitação para comercialização. (Dias et al. 2018).

Na construção, desvios de custo e de prazos são considerados um problema comum na maioria dos projetos que afeta as várias entidades envolvidas. Para o Dono de Obra, atraso significa perda de receita. Na maioria dos casos, para o empreiteiro, atraso significa custos indiretos mais altos devido à extensão de trabalhos face ao planeado, custos mais altos do material devido à inflação e aumentos de custo da mão de obra. (Assaf e Al-Hejji 2006).

A conclusão dos projetos nos prazos definidos é um indicador de eficiência, mas o processo da construção de um empreendimento está sujeito a muitas variáveis e fatores imprevisíveis que resultam de muitos fatores. Estes fatores incluem o desempenho das entidades envolvidas no projeto, disponibilidade de recursos de materiais e mão-de-obra, condições ambientais, envolvimento de outras entidades, relações contratuais e processos burocráticos. (Assaf e Al-Hejji 2006).

2.2 ORÇAMENTAÇÃO

Segundo a norma ISO10006:2003, o orçamento de um projeto deve ser baseado nas estimativas de custos e calendários de maneira a que seja consistente com os objetivos do projeto e eventuais pressupostos.

A orçamentação, na perspectiva do empreiteiro, traduz-se na preparação de uma proposta pela qual esta entidade se propõe a executar a obra segundo aspetos técnicos, de preço e de prazo.

Numa fase inicial, com base nas medições dos trabalhos, deverá ser feito um estudo preliminar para se obter as informações necessárias e detalhadas para a realização do empreendimento tais como:

- estudo do processo de concurso;
- levantamento das condições locais, incluindo disponibilidade de mão de obra (MO), materiais (MT) e equipamentos (EQ);
- definição dos processos construtivos;
- definição das subempreitadas (SB's);
- plano de trabalhos preliminar (para o concurso);
- estudo prévio para o estaleiro de apoio.

De seguida, calcula-se o custo de produção que se trata dos custos dos recursos simples e das subempreitadas necessários à realização de cada uma das operações de construção. Estes custos, custos diretos, são reunidos num mapa resumo (Mapa Orçamental) no qual são determinados, para cada operação de construção e para um conjunto de obra, os custos totais de mão-de-obra, de materiais, equipamentos e subempreitadas necessários para a execução do empreendimento. Devem ainda considerar-se os custos de estaleiro e encargos indiretos ou de estrutura que se apresentam como:

- montagem e desmontagem do estaleiro;
- utilização;
- encargos gerais;
- encargos com pessoal técnico e administrativo;
- encargos com projetos e orçamentos.

Por fim, somar o lucro esperado que pretende ter em conta e possíveis imprevistos que possam ocorrer. Assim, obtém-se o valor da proposta (Dias et al. 2018). Na Figura 2 está apresentado um esquema dos custos de obra que devem-se ter em conta na realização da orçamentação do empreendimento.

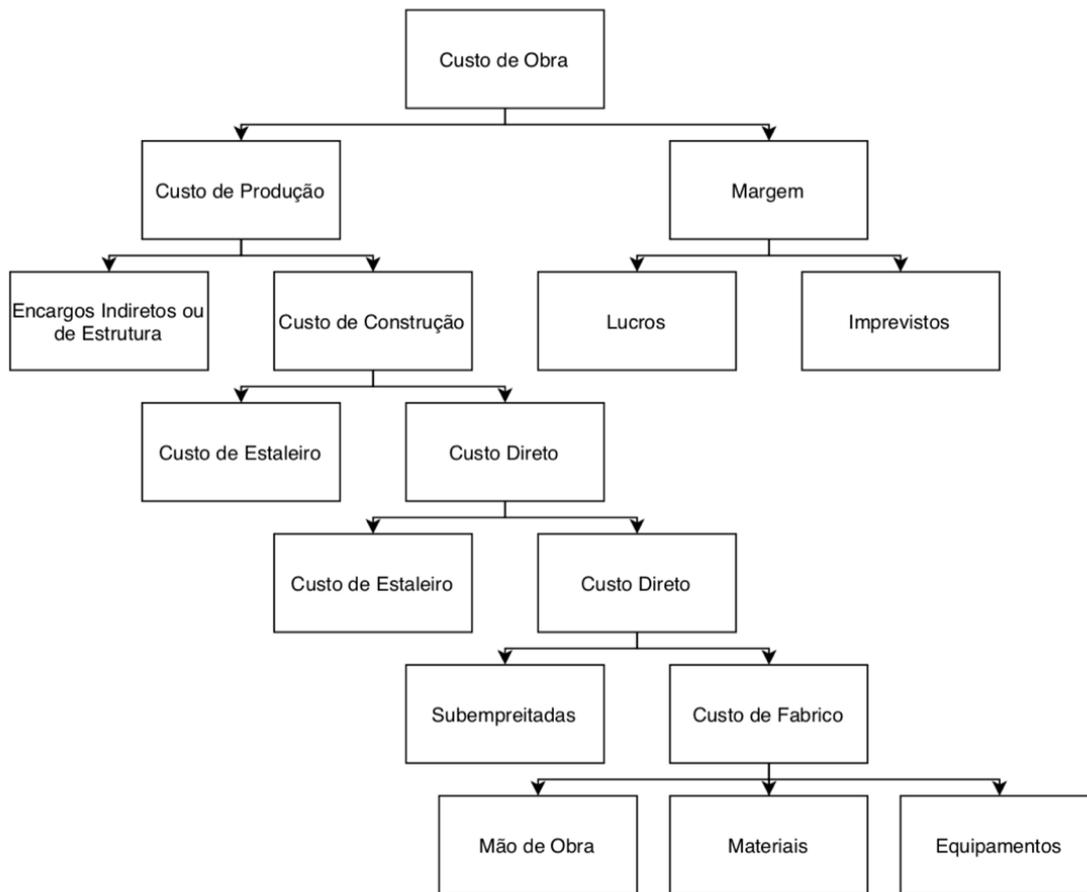


Figura 2: Composição do custo de obra (adaptado de Pilcher 1992; Dias 2010).

2.3 CALENDARIZAÇÃO

O sucesso de um projeto de construção depende muito da eficácia do planeamento e do seu rigor na programação das atividades. Um mau planeamento pode facilmente resultar em atrasos que, por sua vez, podem ter repercussões nos custos da empreitada. (Arditi, Sikangwan, e Tokdemir 2002).

O planeamento da construção diz respeito à calendarização das atividades a realizar numa obra definindo as interligações entre elas de maneira a conseguir o prazo contratualizado para a sua conclusão (Ribeiro, 2019).

Este deverá então englobar:

- plano de trabalhos;
- planeamento dos recursos necessários:
 - mão-de-obra (MO);
 - equipamentos (EQ);
 - materiais (MT);
- planeamento de fornecimentos e subempreitadas;
- planeamento de *stocks*.

Quanto mais pormenorizado for o planeamento, detalhando as ligações entre tarefas de maneira a perceber melhor as precedências e antecedenças e ainda a simultaneidade das atividades, permite durante a construção um acompanhamento eficaz e rigoroso. Assim será possível deduzir conclusões e tomar medidas corretivas para o futuro. (Ribeiro 2019)

2.4 CONTROLO DE CUSTOS E PRAZOS

O controlo de custos e prazos, controlo de projeto, traduz-se na comparação do planeado com os resultados reais do desenrolar da empreitada para identificar desvios. A análise destes desvios servem para tomar decisões, caso seja necessário, e assim corrigir atempadamente os possíveis problemas que podem afetar o planeamento e orçamento do projeto. (Acebes et al. 2014).

A técnica mais frequente utilizada e implementada na generalidade das ferramentas informáticas de planeamento é o *Earned Value Management*, que permite controlar simultaneamente os desvios de custo e prazo.

2.4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ATRASOS

É usual classificar os atrasos em função da responsabilidade pelos mesmos, o que facilita as decisões na gestão global da empreitada. Na Figura 3 está representado um esquema para classificar os atrasos onde é possível identificar as seguintes situações (Couto e Teixeira 2005):

- A. Atrasos desculpáveis** – São atrasos que geralmente resultam de causas que estão fora de controlo do empreiteiro e estes dão direito ao empreiteiro de obter tempo extra para a conclusão do trabalho contratado. Estes são divididos em compensáveis e não compensáveis:
 - A.1. Atrasos desculpáveis compensáveis** – Devem-se a motivos da responsabilidade do D.O.. Este tipo de atrasos permite ao empreiteiro obter uma compensação adicional pelos custos dos atrasos e a tempo adicional para a conclusão da obra.
 - A.2. Atrasos desculpáveis não compensáveis** – Nenhuma das entidades é responsável pelo atraso. Uma vez que este se encontra fora do controlo de todos os intervenientes, dão direito ao empreiteiro de tempo adicional para finalização dos trabalhos mas não compensação monetária.
- B. Atrasos não desculpáveis** – São da responsabilidade do empreiteiro pelo que não dão direito a compensações.
- C. Atrasos concorrentes** – Trata-se de dois ou mais atrasos que acontecem simultaneamente, onde cada um dos quais, por si só, afetaria a data de conclusão da obra.

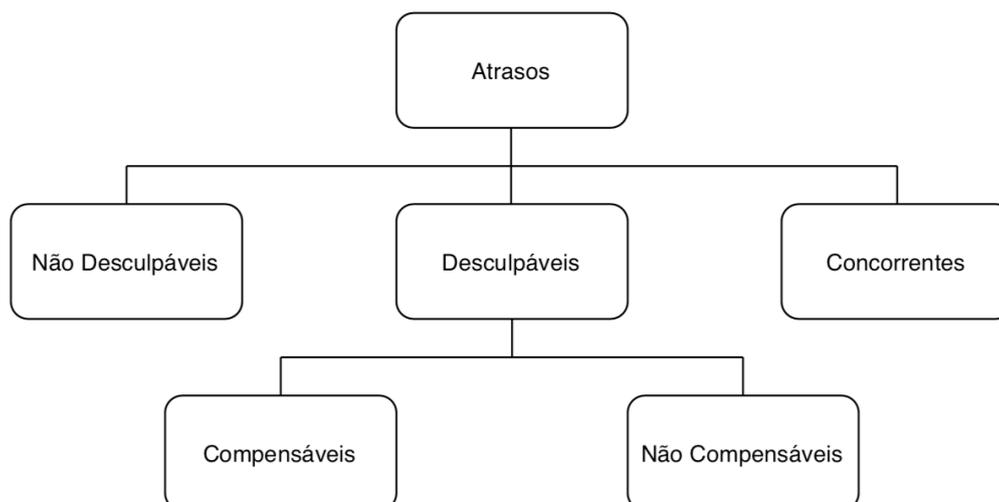


Figura 3: Classificação dos atrasos (adaptado de Couto & Teixeira, 2005).

Segundo Couto e Teixeira (Couto e Teixeira 2005), os atrasos desculpáveis podem ocorrer devido a vários fatores e estes podem ser: i) da responsabilidade dos donos de obra; ou ii) da responsabilidade de nenhum dos intervenientes. Enquanto os atrasos não desculpáveis são da responsabilidade do empreiteiro, estes poderiam ser evitados uma vez que estão sob o controlo do empreiteiro. Na Tabela 1 indicam-se algumas causas segundo a responsabilidade dos vários intervenientes referidos pelo autor.

Tabela 1: Causas dos atrasos (adaptado de Couto & Teixeira, 2005).

i)Responsabilidade dos donos de obra:	ii)Responsabilidade de nenhuma das partes:	iii)Responsabilidade do empreiteiro:
Falta de disponibilidade do terreno	Atos de um inimigo público	Mobilização lenta
Ordem tardia para prosseguir	Epidemias	Mão-de-obra desqualificada
Falha em proporcionar o financiamento adequado	Condições atmosféricas anormais	Greve causada por práticas de trabalho injustas
Ordens de sucessivas alterações de projeto na fase de construção	Greves	Atraso na entrega de materiais e componentes
Interferência com o trabalho na obra	"Atos de Deus"	Fracasso em coordenar vários subempreiteiros

2.4.2 METODOLOGIA *EARNED VALUE MANAGEMENT* (EVM)

O EVM fornece três tipos de informação sobre a evolução do custo e prazo dos empreendimentos (Aliverdi, Moslemi Naeni, e Salehipour 2013): i) variações de custo e prazo; ii) índices de desempenho de custo e de prazo; e iii) estimativa de custo e prazo na conclusão. As variações indicam a magnitude dos desvios em valor absoluto, constituindo a base de análise para comunicação direta com os vários intervenientes de cada empreendimento. Já os índices representam desvios relativos, permitindo a comparação entre o desempenho de empreendimentos de dimensão distinta. As estimativas na conclusão constituem uma extrapolação do desempenho do empreendimento num dado ponto do seu desenvolvimento para a sua conclusão, admitindo que permanece no resto que falta realizar.

Sucintamente, o EVM baseia-se na representação de três medidas:

- **valor planeado (PV – *planned value*)** – custo orçamentado para o trabalho programado;
- **custo atual (AC – *actual cost*)** – custo real do trabalho executado;
- **valor ganho (EV – *earned value*)** – custo orçamentado para o trabalho executado;

Daqui resulta as seguintes fórmulas:

- **Variação de custo (CV - *Cost Variance*)** – representa o desvio de custo, ou seja, determina se o projeto está acima ou abaixo do orçamento através da subtração entre o valor ganho (EV) e o custo atual (AC) (equação 2.1). Para uma variação negativa indica que o projeto está a exceder o orçamento planeado, caso contrário, para uma variação positiva significa que o projeto está dentro do orçamento.

$$CV = EV - AC \quad (2.1)$$

- **Variação de prazo (SV - *Schedule Variance*)** – trata-se do desvio de prazos, isto é, estabelece se o projeto está atrasado ou adiantado relativamente ao planeado. Calcula-se através da diferença entre o valor ganho (EV) e o valor planeado (PV) (equação 2.2). Para um valor negativo traduz que o projeto se encontra abaixo das expectativas, caso contrário, para um valor positivo indica que o projeto se encontra dentro do previsto.

$$SV = EV - PV \quad (2.2)$$

De modo a comparar projetos de diferentes escalas usam-se os indicadores de desempenho que permitem avaliar o nível de eficiência com que o projeto está a utilizar o tempo e os recursos e ainda permite de uma forma imediata caracterizar o desempenho atual do projeto. São definidos os índices de desempenho (PMBOK Guide 2013):

- Índice de desempenho de custo (CPI - *Cost Performance Index*) – é o índice de desempenho de custo, que permite medir o nível de eficiência que a equipa do projeto está a usar os recursos. Calcula-se através do quociente entre o valor ganho (EV) e o custo atual (AC) (equação 2.3). Caso este índice seja maior que a unidade, então os custos dos trabalhos efetuados são inferiores aos custos orçamentados.

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (2.3)$$

- Índice de desempenho de tempo (SPI - *Schedule Performance Index*) – é o índice de desempenho dos trabalhos executados, que avalia a eficiência dos trabalhos executados no projeto. Calcula-se através do quociente entre o valor ganho (EV) e o valor planeado (VP) (equação 2.4). Se o valor de SPI for superior à unidade, então o projeto está adiantado. Por outro lado, se o valor de SPI for inferior à unidade, então o projeto está atrasado.

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (2.4)$$

A Tabela 2 traduz uma interpretação rápida dos indicadores de desempenho e das variações de custo e prazo. É possível classificar o projeto em:

- má gestão;
- rápido e dispendioso;
- lento e económico;
- boa gestão.

Tabela 2: Indicadores básicos do EVM (Guia PMBOK, 2013).

Medidas de desempenho		Calendário		
		SV > 0 SPI > 1	SV = 0 SPI = 1	SV < 0 SPI < 1
Custo	CV > 0 CPI > 1	antes do prazo abaixo do orçamento	dentro do prazo abaixo do orçamento	com atraso abaixo do orçamento
	CV = 0 CPI = 1	antes do prazo dentro do orçamento	dentro prazo dentro do orçamento	com atraso dentro do orçamento
	CV < 0 CPI < 1	antes do prazo acima do orçamento	dentro do prazo acima do orçamento	com atraso acima do orçamento

Um projeto que apresenta uma má gestão é aquele que tem um desempenho negativo em termos de custo (CV negativo) e de prazo (SV negativo) logo, por sua vez, os índices inferiores a 1 para CPI e para SPI. O projeto rápido e dispendioso, é o caso em que ocorre um bom desempenho de tempo (SV

positivo) mas compromete o custo (CV negativo), originando índices inferiores a 1 para CPI, mas superiores a 1 para SPI. No projeto lento e económico trata-se do caso contrário à categoria anterior, mau desempenho de tempo (SV negativo) e bom desempenho de custo (CV positivo) formando agora índices superiores a 1 para CPI e inferiores a 1 para SPI. Por fim, o projeto bem gerido é aquele que superou o custo e o calendário estimados (Nogueira Barboza Filho, De Carvalho, e Ramos 2009).

2.5 DESVIOS DE CUSTOS E PRAZOS

Desvio de prazo pode ser definido como uma situação em que um projeto de construção não chega à conclusão dentro do prazo previsto (Kaliba, Muya, e Mumba 2009). Este desvio pode ser causado por qualquer parte do contrato e pode surgir devido a uma ou mais circunstâncias. Um atraso no contrato tem efeitos adversos tanto para o dono de obra como para o empreiteiro, o que leva frequentemente a questionar qual o responsável pelo atraso (Memon, Abdul Rahman, e Abdul Azis 2012).

Desvios de custo em empreendimentos com um grande investimento de capital pode ser extremamente prejudicial, prejuízos para os investidores e contribuintes, comprometendo os principais executivos e respetivas organizações (Flyvbjerg et al. 2018).

Desvios de custo é a diferença entre os custos reais e os custos estimados no orçamento. Este desvio normalmente é medido em percentagem do custo estimado, podendo ser favorável ou desfavorável dependendo da diferença ser negativa ou positiva respetivamente. Para um valor positivo, significa que houve uma derrapagem dado que o custo final é maior que o estimado.

Há muitos fatores que contribuem para as causas dos desvios nos projetos de construção. Os atrasos ocorrem praticamente em todos os projetos de construção e a sua magnitude varia consideravelmente de projeto para projeto. É importante definir as causas destes atrasos de maneira a minimizar e evitar possíveis derrapagens nos projetos. Foram realizados vários estudos em todo o mundo para determinar as causas dos atrasos (Kenny e Vanissorn 2012).

Foi feito um estudo (Ling et al. 2009) onde os autores investigam os métodos de sucesso alcançados na gestão de projetos de empresas estrangeiras na China. Concluíram que existem algumas práticas na gestão de custos que são fundamentais:

- ter dados de alta qualidade dos custos;
- gestão financeira de alta qualidade;
- bom planeamento para determinar os recursos e quantidades necessárias;
- controlar os custos dos recursos;
- monitorizar as atividades para detetar desvios de custos
- relatórios de custos e acompanhamento dos trabalhos realizados;
- solidez financeira.

Uma forte solidez financeira da empresa é crucial para conseguir um fluxo de caixa positivo e conseguir rentabilidade no projeto. Neste estudo também é indicado algumas práticas para uma boa gestão de prazos:

- rápida aprovação dos projetos e do planeamento;
- fornecer equipamento adequado;
- responder rapidamente às alterações de projeto do dono de obra.

Existem vários estudos que analisaram os fatores que afetam o desempenho de cumprimento de prazos nos projetos de construção. Na Tabela 3 apresenta-se uma adaptação de um estudo (Hwang, Zhao, e Ng 2013) referenciando estudos antigos sobre as principais causas dos desvios nos empreendimentos de construção. Nos documentos estudados foi observado que as causas dos desvios apresentam nomes diferentes para descrever o mesmo fator, então de maneira a analisar estas causas identificou-se e classificou-se em 11 categorias, apresentadas na Tabela 4.

Tabela 3: Estudos anteriores sobre as causas dos desvios (adaptado de Hwang et al, 2012).

Autores	País ou Região	Causas/responsáveis pelo desvio											
		Materiais	Equipamento	Mão de obra	Gestão do empreiteiro	Gestão financeira	Dono de obra	Equipa projetista	Contrato e relações contratuais	Relações institucionais	Especificidade do projeto	Fatores externos	
Arditi et al., 1985	Turquia	x			x	x	x					x	
Sullivan and Harris, 1986	UK						x	x				x	x
Simple, Hartman, e Jergeas, 1994	Canada						x			x			x
Ogunlana et al., 1996	Tailândia	x		x	x	x		x					
Chan e Kumaraswamy, 1997	Hong Kong				x		x	x				x	
Kaming et al., 1997	Indonésia	x			x		x	x					
Mezher e Tawil, 1998	Líbano			x		x	x	x					
Al-Khalil e Al-Ghafly, 1999	Arábia Saudita				x		x		x			x	
Walker and Vines, 2000	Austrália				x				x				
Frimpong et al., 2003	Gana	x			x	x							
Ahmed et al., 2003	Florida, USA							x	x	x			
Koushki et al., 2005	Kuwait	x				x	x						x
Lo et al., 2006	Hong Kong				x	x		x				x	
Iyer e Jha, 2006	Índia						x	x					
Faridi e El-Sayegh, 2006	Emirados Árabes Unidos			x	x		x			x			
Assaf e Al-Hejji, 2006	Arábia Saudita			x			x	x					
Aibinu e Odeyinka, 2006	Nigéria		x		x	x	x						
Sambasivan e Soon, 2007	Malásia				x	x						x	
Sweis et al., 2008	Jordânia			x	x		x	x					
Long et al., 2008	Vietname				x		x	x					
El-Razek et al., 2008	Egito					x	x	x					
Enshassi et al., 2009	Faixa de Gaza	x				x							x
Mahamid et al., 2011	West Bank		x				x						x

Tabela 4: Lista de causas dos desvios das respetivas categorias (adaptado de Couto, 2007).

Categoria	Causas dos desvios nos empreendimentos de construção
Materiais	escassez de materiais necessários no mercado; atraso na entrega de materiais; alterações de preço durante o processo construtivo; fraca qualidade de materiais usados na obra; incumprimento dos fornecedores;

Categoria	Causas dos desvios nos empreendimentos de construção
Equipamento	escassez de equipamento necessário; avarias frequentes dos equipamentos; deficiente planeamento do equipamento;
Mão de obra	escassez de mão de obra qualificada; falta de mão de obra; baixa moral e motivação;
Gestão do empreiteiro	deficiente planeamento controlo e gestão das atividades; escassez de pessoal administrativo do empreiteiro afeto à obra; fraca qualificação do pessoal técnico do empreiteiro designado para a obra; planeamento demasiado otimista; falta de cooperação e comunicação entre equipas de trabalho; inadequada gestão do local de trabalho e estaleiro; métodos de construção impróprios implementados pelo empreiteiro; envolvimento insuficiente de chefia do empreiteiro de obra; controlo ineficaz do progresso do projeto pelo empreiteiro; controlo de qualidade ineficaz;
Gestão financeira	dificuldades do empreiteiro no financiamento solicitado durante a obra; problemas do empreiteiro com o seu fundo de maneo - liquidez financeira; atrasos nos pagamentos do empreiteiro aos subempreiteiros e fornecedores; deficiente planeamento financeiro; fraca monitorização e controlo financeiro;
Dono de obra	atraso do dono de obra na disponibilização do local de construção; atraso na apreciação das reclamações do empreiteiro pelo dono de obra; suspensão do trabalho pelo dono de obra; ordens de alteração frequentes durante o processo construtivo; falta de cooperação do dono de obra com o empreiteiro complicando a administração do contrato; dificuldades financeiras; problemas e atrasos com os financiamentos solicitados; fraca comunicação do dono de obra com as partes envolvidas na construção; excessiva burocracia na organização do dono de obra; prazo estipulado irrealista, demasiado otimista;
Equipa projetista	atrasos na preparação de documentos técnicos; erros de concepção; projetos incompletos, ambiguidades, erros, omissões, detalhes inadequados; comunicação insuficiente entre o dono de obra e o projetista durante a fase de concepção; falta de comunicação entre equipas de projeto; análise e estudo prévios inadequados;
Contrato e relações contratuais	erros e discrepâncias entre documentos contratuais (p.e. desenhos/cadernos de encargos/contrato); ausência de penalizações relativas ao incumprimento dos prazos adequados e eficazes; recurso a sistemas de contratação direcionados para a seleção da proposta mais barata; inexistência de incentivos financeiros para o cumprimento dos prazos ou por antecipação dos prazos;
Relações institucionais	dificuldades na obtenção de autorizações e licenças junto das autoridades; alterações nas regulamentações e leis durante a construção; excessiva dependência dos pareceres e autorizações das várias instituições e autoridades; dificuldade e atraso na redação e submissão dos pedidos dos pareceres e autorizações;
Especificidade do projeto	condições do subsolo diferentes das contratualmente admitidas; erros de análise e inspeção do terreno; efeitos das condições encontradas no subsolo (redes de infraestruturas existentes, nível freático, vestígios arqueológicos); interferência do trabalho entre vários empreiteiros; limitações do espaço disponível para o estaleiro; acessibilidades difíceis e/ou insuficientes; alterações ao projeto inevitáveis e de difícil prevesibilidade devido à sua complexidade;
Fatores externos	condições climatéricas; fogo, sismos, guerra, inundações, greves gerais, epidemias, ciclones; acidentes durante a construção; problemas com vizinhos; fatores sociais e culturais; impactos ambientais;

Através da revisão bibliográfica, estudou-se artigos que qualificam e quantificam as causas dos atrasos na construção segundo vários autores. Na Tabela 5 são destacadas as causas mais graves indicadas por todas as entidades separadamente.

Para avaliar e analisar as causas dos atrasos em projetos de águas subterrâneas no Gana, os autores (Frimpong, Oluwoye, e Crawford 2003), selecionaram aleatoriamente entre consultores, empreiteiros e donos de obra para responder a um inquérito. Este questionário foi feito a antigos intervenientes de obras entre os anos 1970 e 1999 e foi organizado segundo uma escala de prioridade (1=muito baixo, 2=baixo, 3=médio, 4=alto, e 5=muito alto). Na Tabela 5 apresentam-se as 5 causas mais relevantes na perspetiva dos vários intervenientes.

No artigo de (Assaf e Al-Hejji 2006) identificou-se 73 causas de atraso na revisão da literatura que serviu para desenvolver um questionário que avalia a frequência da ocorrência destas causas. Analisou-se os dados recolhidos através de um índice de frequência identificada pelos participantes do inquérito. As 5 causas mais frequentes nos atrasos de acordo com as várias entidades estão presentes na Tabela 5.

Tal como refere (Sweis et al. 2008) há muitas razões pelas quais ocorrem desvios, estas causas foram identificadas e classificadas de acordo com o sistema de conversão aberta de Drexin. A maioria dos correspondentes concordou que as dificuldades financeiras enfrentadas pelo empreiteiro e os constantes pedidos de alteração por parte do dono de obra são as principais causas dos atrasos na construção.

Os resultados do estudo de (Aziz 2013) mostram que os trabalhos adicionais, alterações de projeto, processos burocráticos e o método da escolha da proposta de custo mais baixo são as causas que apresentam maior índice de importância relativa.

Os autores (Ahmed, Dlask, e Hasan 2014) afirmam que os desvios de custo são um dos maiores problemas na construção nos países em desenvolvimento, uma vez que causam um efeito negativo nos projetos dos empreendimentos. De maneira a avaliar e analisar as suas causas, realizou-se um questionário através de uma seleção aleatória de 21 projetos de construção na Síria. Os resultados mostram que as alterações de projeto durante a fase de construção, má gestão dos contratos e a inflação dos preços dos materiais são as causas mais comuns.

No estudo feito em (Niazi e Painting 2017) mostra que as principais causas de desvios de custo classificadas pelas 3 entidades são:

- corrupção;
- atraso no pagamento do diretor de obra;
- dificuldades no financiamento do projeto pelo empreiteiro;
- segurança.

Tabela 5: Principais causas dos desvios segundo o ponto de vista das várias entidades.

Autor	Região/País	Tipo de obra em estudo	Principais causas, segundo o ponto de vista de:		
			Dono de obra	Empreiteiro	Projetista
Frimpong, Oluwoye, e Crawford 2003	Gana	Projetos de águas residuais	Má gestão de contratos Dificuldades na aquisição de materiais Fracos planeamentos e orçamentos Inflação do preço dos materiais Dificuldades de pagamentos mensais	Dificuldades de pagamentos mensais Dificuldades na aquisição de materiais Dificuldades financeiras do empreiteiro Inflação do preço dos materiais Má gestão de contratos	Dificuldades de pagamentos mensais Má gestão de contratos Dificuldades financeiras do empreiteiro Fracos planeamentos e orçamentos Mau tempo
Assaf e Al-Hejji 2006	Arábia Saudita	Projetos públicos e privados	Escassez de mão-de-obra qualificada Tipo de adjudicações com os subempreiteiros Má gestão e planeamento do empreiteiro Pedidos de alteração pelo proprietário durante a construção Baixa produtividade nos trabalhos Conflitos no cronograma dos subempreiteiros na execução dos trabalhos	Atraso no pagamento em andamento pelo D.O. Suspensão de trabalhos pelo proprietário Atraso na revisão e aprovação dos documentos e projetos pelo D.O. Pedidos de alteração pelo D.O. durante a construção Erros e omissões nos projetos de execução Atrasos na chegada de materiais Atraso na revisão e aprovação dos documentos pelo projetista	Tipo de concurso e licitação Pedidos de alteração pelo D.O. Escassez de trabalhos Má gestão e planeamento do empreiteiro Atraso nos pagamentos em andamento pelo D.O. Efeito do clima quente nas atividades de construção Má qualificação das equipas adjudicadas
Sweis et al. 2008	Jordânia	Edifícios residenciais	Fraco planeamento e má gestão de projeto do empreiteiro Dificuldades financeiras do empreiteiro Equipa técnica designada para o projeto incompetente	Dificuldades financeiras do empreiteiro Requisições para alterações pelo D.O. Escassez de mão-de-obra qualificada	Fraco planeamento e má gestão de projeto do empreiteiro Dificuldades financeiras do empreiteiro Alterações de projeto por parte do D.O.
Kenny e Vanissorn 2012	Austrália	Edifícios residenciais	Falta de mão-de-obra qualificada Erros nos projetos de execução Atrasos na entrega de materiais Má gestão do empreiteiro Subestimação do prazo de execução Condições de terreno imprevisas	Dificuldades financeiras Atrasos na tomada de decisões Erros nos projetos de execução Carência de mão-de-obra Dificuldade de coordenação entre as várias entidades, má comunicação	Alterações de projeto Dificuldades financeiras Falta de mão-de-obra qualificada Prazos irrealistas para a conclusão dos projetos Falta de materiais

Autor	Região/País	Tipo de obra em estudo	Principais causas, segundo o ponto de vista de:		
			Dono de obra	Empreiteiro	Projetista
Aziz 2013	Egito	Projeto de águas Residuais	Escolha de propostas mais baratas nos concursos públicos Trabalhos adicionais Processos burocráticos Problemas de financiamento Método de financiamento e pagamento	Práticas fraudulentas e corrupção Custo elevado do equipamento Falta de coordenação entre projetista e empreiteiro Elevadas taxas de juro cobradas nos empréstimos ao empreiteiro Mau relacionamento entre D.O. e empreiteiro	Alterações de projeto Falta de coordenação entre projetista e empreiteiro Ausência de custos de construção Erros de orçamentação Estudos preliminares inadequados
Ahmed, Dlask, e Hasan 2014	Síria	Edifícios residenciais	Escolha das propostas mais baratas Orçamentos mal estimados Complexidade do projeto Importação dos materiais Alterações de projeto	Alterações de projeto do D.O. Inflação dos preços Importação dos materiais baixas Má gestão de contratos	-
Niazi e Painting 2017	Afeganistão	Edifícios, rodovias e projetos industriais	Corrupção Dificuldades financeiras do empreiteiro Atraso nos pagamentos em andamento pelo D.O. Segurança Inflação do mercado Erros e omissões nos projetos	Corrupção Atraso nos pagamentos em andamento pelo D.O. Frequentes pedidos de alteração, durante a construção, pelo D.O. Segurança Erros e omissões nos projetos	Corrupção Dificuldades financeiras do empreiteiro Atraso nos pagamentos em andamento pelo D.O. Frequentes pedidos de alteração, durante a construção, pelo D.O. Burocracia demorada das entidades governamentais Propostas e adjudicações inadequadas
Herrera et al. 2020	Vários países	Infraestruturas rodoviárias	Duração irrealista do contrato Dificuldades financeiras do dono de obra Atrasos nos pagamentos ao empreiteiro Falta de capacidade de gestão do empreiteiro Dificuldades na aquisição de terrenos	Má gestão de contratos Atrasos nas atividades Métodos de construção inadequados Dificuldades financeiras do empreiteiro	Tomada de decisão tardia dos consultores Alterações de projeto Falhas na conceção de projeto Más condições dos terrenos
Amare, Quezon, e Busier 2017	Etiópia	Projetos rodoviários	Planeamento inadequado do empreiteiro Má gestão do empreiteiro Entrega tardia de materiais e equipamentos Mão-de-obra não qualificada	Fraco controlo financeiro Má gestão do empreiteiro Mau controlo do projeto	Fraco controlo financeiro Seleção de empreiteiros inadequados Dificuldades no financiamento de projetos por parte do empreiteiro Falta de equipamentos de alta tecnologia

Autor	Região/País	Tipo de obra em estudo	Principais causas, segundo o ponto de vista de:		
			Dono de obra	Empreiteiro	Projetista
Al-Tabtabai 2002	Kuwait	Edifícios	Má gestão e planeamento do projeto Mobilização tardia de construção Má programação de prazos dos sub empreiteiros Planeamento irrealista do empreiteiro Falta de formação da equipa de empreiteiros em técnicas de gestão de construção	Processo lento na tomada de decisões Processos lentos financeiros e de pagamentos Falta de coordenação entre as várias especialidades de projeto Dificuldade de trabalhar durante o Verão/Ramadão	-
Odeh e Battaineh 2001	Jordânia	Grandes edifícios públicos e privados, estradas e projetos de água e esgotos	-	Produtividade do trabalho Interferência do D.O. Atraso no pagamento de trabalhos concluídos Métodos de construção inadequados Fraco planeamento	Experiência inadequada do empreiteiro Atrasos no pagamento de trabalhos concluídos Subempreiteiros Tomada de decisões lentas dos D.O. Duração do contrato imposto pelo D.O. irrealista

De maneira a analisar as principais causas de desvios da Tabela 5 nos vários pontos de vista das entidades, criou-se a Tabela 6 onde se categorizou as causas segundo o modelo da Tabela 4. Sendo que “D” representa o dono de obra, “E” o empreiteiro e “P” o projetista.

Tabela 6: Contagem das causas segundo o ponto de vista das várias entidades.

Autores	País ou Região	Tipo de obra em estudo	Causas/responsáveis pelo desvio											
			Materialis	Equipamento	Mão de obra	Gestão do empreiteiro	Gestão financeira	Dono de obra	Equipa projetista	Contrato e relações contratuais	Relações institucionais	Especificidade do projeto	Fatores externos	
Y. Frimpong, J. Oluwoye, L. Crawford, 2003	Gana	Projetos de águas residuais	D E			D E P	D E P	E P						P
Sadi A. Assaf & Sadiq Al-Hejji, 2006	Arábia Saudita	Projetos públicos e privados	E		D P	D P		D E P	E	D E P				P
G. Sweis, R. Sweis, A. Abu Hammad e A. Shboul, 2008	Jordânia	Edifícios residenciais			E	D P	D E P	E P	D					
K. Wong & V. Vimonsatit, 2012	Austrália	Edifícios residenciais	D P		D E P	D P	E P	E P	D E			D		
Remon Fayek Aziz, 2013	Egito	Projeto de águas Residuais		E		P	D E	E P	D E P	D	D E	D		
S. Ahmed, P. Dlask, B. Hasan, 2014	Síria	Edifícios residenciais	D E	E		E	D	D E		D E		D		
Ghulam Abbas Niazi & Noel Painting, 2017	Afeganistão	Edifícios, rodovias e projetos industriais	D				D P	D E P	D E	P	D E P		D	
Herrera et al., 2020	vários países	Infraestruturas rodoviárias				D E	D E	D P	E P	D E		P	D P	
Amare, Quezon e Busier, 2017	Etiópia	Projetos rodoviários	D	D P	D	D E P	D E P							
Al-Tabtabai, 2002	Kuwait	Edifícios			D	D	D E	E	E					E
Odeh e Battaineh, 2001	Jordânia	Grandes edifícios públicos e privados, estradas e projetos de água e esgotos			E P	E P	E P	E P						

O gráfico da Figura 4 permite analisar as causas mais frequentes dos desvios dos estudos qualitativos analisados. A maior causa é a categoria Dono de Obra, devido a sucessivas alterações de projeto e atrasos nos pagamentos. A gestão financeira e a gestão do empreiteiro aparecem de seguida com maior frequência, a má gestão dos contratos, dificuldades financeiras do empreiteiro, orçamentos e planeamentos inadequados são alguns dos motivos destas causas.

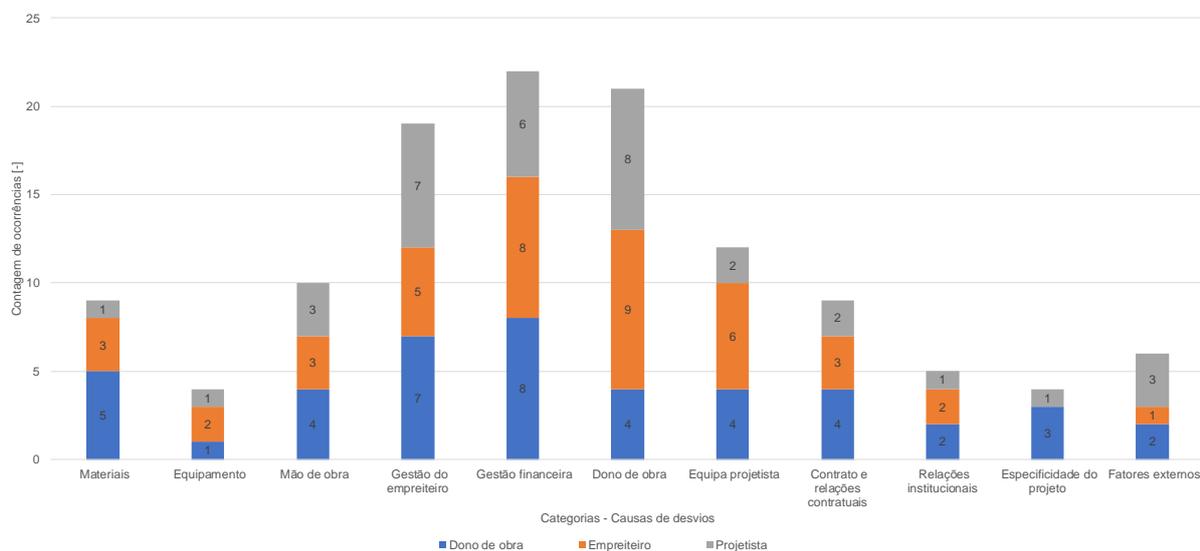


Figura 4: Contagem das várias categorias.

Cumprir os projetos com qualidade e segurança dentro do planeamento e orçamento estimados é a chave para o sucesso na realização de um empreendimento. Estudou-se uma investigação (Pires, Teixeira e Moura 2007) para identificar as causas dos atrasos e de desvios de custo na construção em Portugal. Neste estudo, foram recolhidas opiniões de donos de obra e empreiteiro de construções entre os anos 1998 a 2004.

Quanto aos atrasos, concluiu-se que o atraso médio foi de 201 dias que corresponde aproximadamente a 41% acima do prazo previsto. As causas observadas segundo a opinião dos vários intervenientes são apresentadas nos gráficos da Figura 5.

As respostas de todos os intervenientes apontam que a principal causa mais frequente nos atrasos são da responsabilidade do dono de obra (61%) e de seguida dos projetistas (59%). Na perspetiva do dono de obra as principais causas para os atrasos são da responsabilidade das entidades intervenientes no projeto de construção, pois apresentam maior frequência. Quanto à resposta dos empreiteiros, é semelhante à resposta global, apesar de indicar que as especificações de projeto têm um grande impacto.

Também foi analisado, na investigação (Pires, Teixeira, e Moura 2007), as causas dos desvios de custos (ver Figura 6). Nesta amostra, o custo inicial médio de 64 empreendimentos foi de 16.183.327€ e o final de 18.384.341€ que resulta num desvio de 2.201.014€ (13,6% superior ao custo estimado).

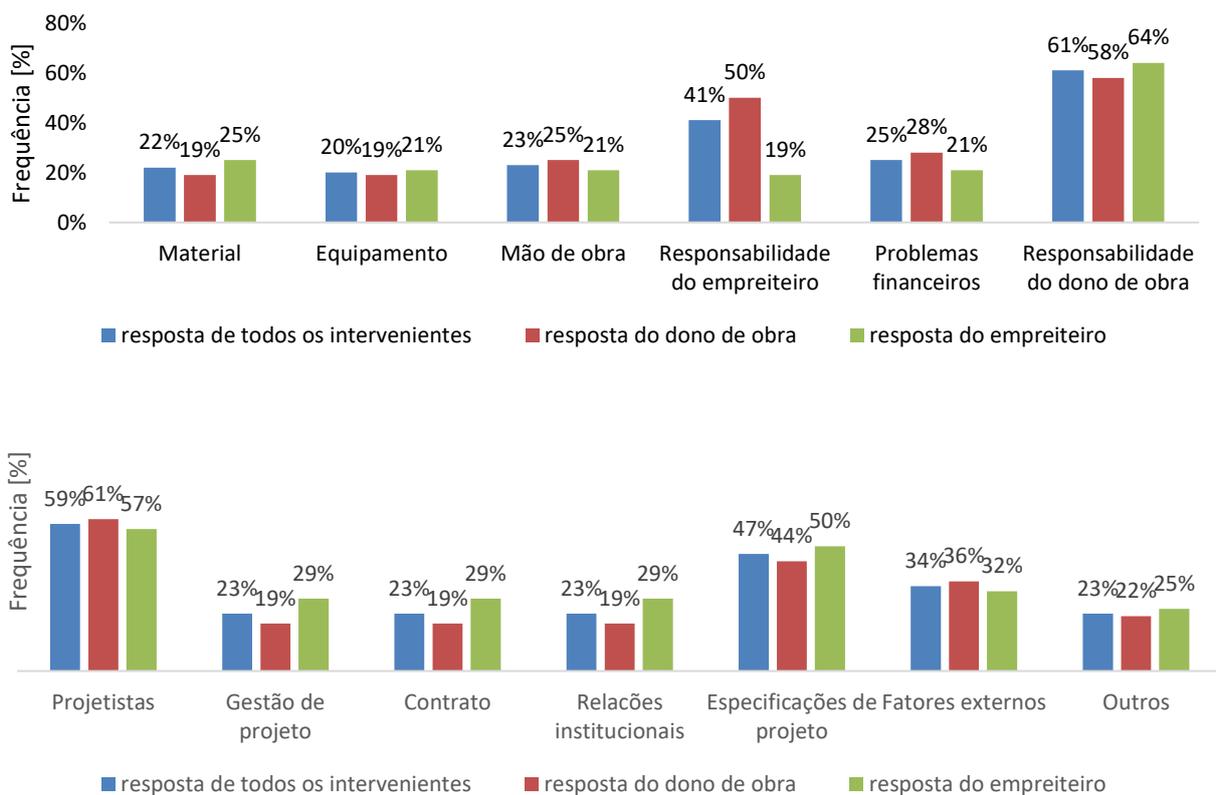


Figura 5: Principais causas nos atrasos (adaptado de Pires et al., 2007).

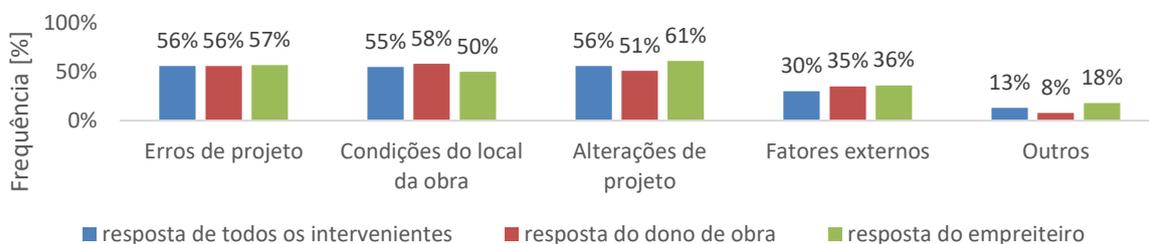


Figura 6: Principais causas dos desvios de custo (adaptado de Pires et al., 2007).

Analisando a Figura 6, conclui-se que as alterações e erros de projeto são os fatores que causam maiores desvios de custo segundo o ponto de vista de todos os inquiridos. As condições do local da obra também são graves causadores de desvios de custo.

3 CASO DE ESTUDO E METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O custo de uma empreitada é um dos principais parâmetros a ter em conta ao longo da gestão de um empreendimento, pelo que os desvios de custo constituem uma das métricas mais utilizadas para avaliar o sucesso/insucesso dos empreendimentos. Neste contexto, o presente estudo visa quantificar e modelar os desvios de custo em empreitadas de construção de edifícios na perspetiva do empreiteiro. Procurar-se-á também identificar e analisar potenciais causas subjacentes a esses desvios. Para tal proceder-se-á à análise de um caso de estudo focado numa empresa de construção. Na Figura 7 apresenta-se um esquema da abordagem adotada.



Figura 7: Abordagem adotada no presente estudo.

Neste capítulo serão abordadas as etapas de 1 a 3 da Figura 7, que compreendem a apresentação do caso de estudo, e de seguida detalha-se a metodologia da análise estatística que agrega as etapas 4 e 5. A concretização da análise e a discussão dos resultados encontram-se no capítulo 4.

3.2 APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

3.2.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E ESCOLHA DA AMOSTRA

O caso de estudo selecionado compreende um conjunto de empreitadas concluídas pela empresa CIVILRIA. A CIVILRIA é uma empresa com mais de 25 anos de experiência, cuja atividade principal se desenvolve no setor da construção civil. Tem uma equipa composta por técnicos especializados e com

experiência nas áreas de engenharia, arquitetura e gestão. O *core business* da empresa é a construção e promoção imobiliária. A empresa atua de forma verticalizada, desde a conceção ao projeto, passando pela construção e comercialização de edifícios, residências e não residenciais.

Selecionaram-se apenas empreendimentos realizados a partir do ano de 2015 para minimizar uma eventual influência da crise de 2008 e a intervenção da Troika entre 2011 e 2014. Uma vez que empresa constrói em várias regiões do País, procurou-se uma amostra que envolvesse um conjunto de obras de edifícios residenciais para habitação nos distritos de Aveiro, Porto e Lisboa, onde a CIVILRIA tem atuado como dono de obra e empreiteiro. Na escolha da amostra também se procurou incluir empreendimentos de construção nova e de reabilitação (profunda), que constituem duas das vertentes de intervenção da empresa no âmbito dos edifícios de habitação. Foram excluídos da amostra os empreendimentos com lacunas e/ou erros de informação significativas que não se revelaram passíveis de suprimir em tempo útil, resultando numa amostra composta por 16 empreendimentos, dos quais 4 dizem respeito a reabilitações e os restantes 12 a construção nova.

3.2.2 RECOLHA E ORGANIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO

A informação disponível inclui os orçamentos, calendarizações e controlos de custos, para além de dados caracterizadores dos empreendimentos, como a localização, o ano de construção, a área ou o número de pisos.

A CIVILRIA realiza os orçamentos de custos de construção no *software SAGE* que depois são "compilados" no *Excel*, definindo o orçamento inicial detalhado. As folhas de controlo mensal dos empreendimentos permitiram obter os valores do orçamento final por atividade de construção.

Visto que os empreendimentos apresentam diferenças significativas ao nível dos trabalhos específicos que envolvem, a análise foi efetuada de forma agregada ao nível das seguintes categorias: i) estaleiro; ii) estabilidade; iii) arquitetura; e iv) redes, instalações e equipamentos. Esta categorização é relativamente universal nos empreendimentos estudados, e em empreendimentos de edifícios de um modo geral, permitindo analisar os dados apesar das diferenças que possam existir entre os trabalhos específicos compreendidos em cada categoria para cada empreendimento. Na Tabela 7 resumem-se as principais classes de trabalhos que foram integrados em cada categoria.

Para cada empreendimento, as folhas de orçamento e controlo mensal incluem um mapa dos trabalhos a mais e a menos com a descrição de cada trabalho e o respetivo valor. Estes trabalhos a mais e a menos foram associados à categoria respetiva, criando-se um registo dos desvios de custos decorrentes de trabalhos a mais e de trabalhos a menos em cada obra por categoria de trabalhos.

Tabela 7: Resumo das atividades dos empreendimentos.

Categoria	Atividade
Estaleiro	
	Levantamento topográfico
	Movimento de terras
Estabilidade	Demolições
	Contenção periférica
	Estrutura e fundações
	Alvenarias
	Trochais diversas de apoio de obra
	Isolamentos
	Serralharias
	Vãos exteriores
Arquitetura	Revestimento
	Pinturas
	Carpintarias
	Vidrarias
	Equipamentos
	Limpezas e diversos
	Rede de abastecimento gás
	Rede de abastecimento de águas, pluviais e residuais
	Rede de eletricidade e ITED
Redes, instalações e equipamentos	Rede de ar condicionado, aquecimento, passive house
	Rede de solar térmico e apoio/ bombas de calor
	Rede de incêndio
	Ascensores
	Desenfumagem
	RSU

3.2.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Na amostra selecionada, os empreendimentos apresentam diferenças em termos de aspetos mais gerais, como a dimensão e configuração do edifício ou o tamanho dos fogos, ou em termos de aspetos mais particulares, como soluções e processos construtivos ou gama dos materiais aplicados, entre outros. De entre esta variabilidade, optou-se por classificar a tipologia dos empreendimentos em termos do tipo de intervenção (obra nova ou reabilitação) e do tamanho dos fogos (pequenos ou grandes), onde resultam as seguintes tipologias na amostra:

- tipologia pequena;
- tipologia grande;
- tipologia reabilitação.

Nomeou-se cada empreendimento através de um código para identificar o projeto em causa. A primeira letra do código corresponde à tipologia a que pertence, e de seguida foi numerado. Há casos onde são diferentes lotes pertencentes ao mesmo empreendimento (e.g. P.3.1, P.3.2 e P.3.3), apesar de serem independentes o facto de pertencerem ao mesmo empreendimento poderá ter implicações nos orçamentos realizados.

A Tabela 8 apresenta os empreendimentos da amostra selecionada por tipologia, caracterizando-os através da sua localização e com indicação dos números de pisos acima e abaixo do solo. Dos empreendimentos de construção nova, 5 são de tipologia pequena e 7 de tipologia grande.

Tabela 8: Caracterização dos empreendimentos.

Empreendimento		Localização	Número de pisos	
Tipologia	Código		Acima do solo	Abaixo do solo
Pequena	P.1	Aveiro	4	2
	P.2	Estarreja - Aveiro	3	1
	P.3.1	Aveiro	3	2
	P.3.2	Aveiro	5	2
	P.3.3	Aveiro	5	2
Grande	G.1.1	Canidelo, Porto	4	1
	G.1.2	Canidelo, Porto	3	1
	G.1.3	Canidelo, Porto	4	3
	G.2.1	Praia da Barra, Aveiro	4	1
	G.2.2	Praia da Barra, Aveiro	4	1
	G.2.3	Praia da Barra, Aveiro	4	1
	G.3	Aveiro	5	1
Reabilitação	R.1	Aveiro	5	0
	R.2	Lisboa	6	1
	R.3	Lisboa	6	3
	R.4	Lisboa	7	3

O gráfico da Figura 8 permite identificar e comparar intuitivamente o tamanho dos empreendimentos a analisar através do quociente da área de cada um pela média total das áreas, para as áreas bruta e equivalente. Na Figura 9 apresenta-se a área dos empreendimentos pela média da tipologia correspondente. A área bruta corresponde ao somatório das áreas de todos os pavimentos da edificação acima e abaixo do solo, incluindo comércios e habitação. Enquanto a área equivalente corresponde apenas às áreas para habitação.

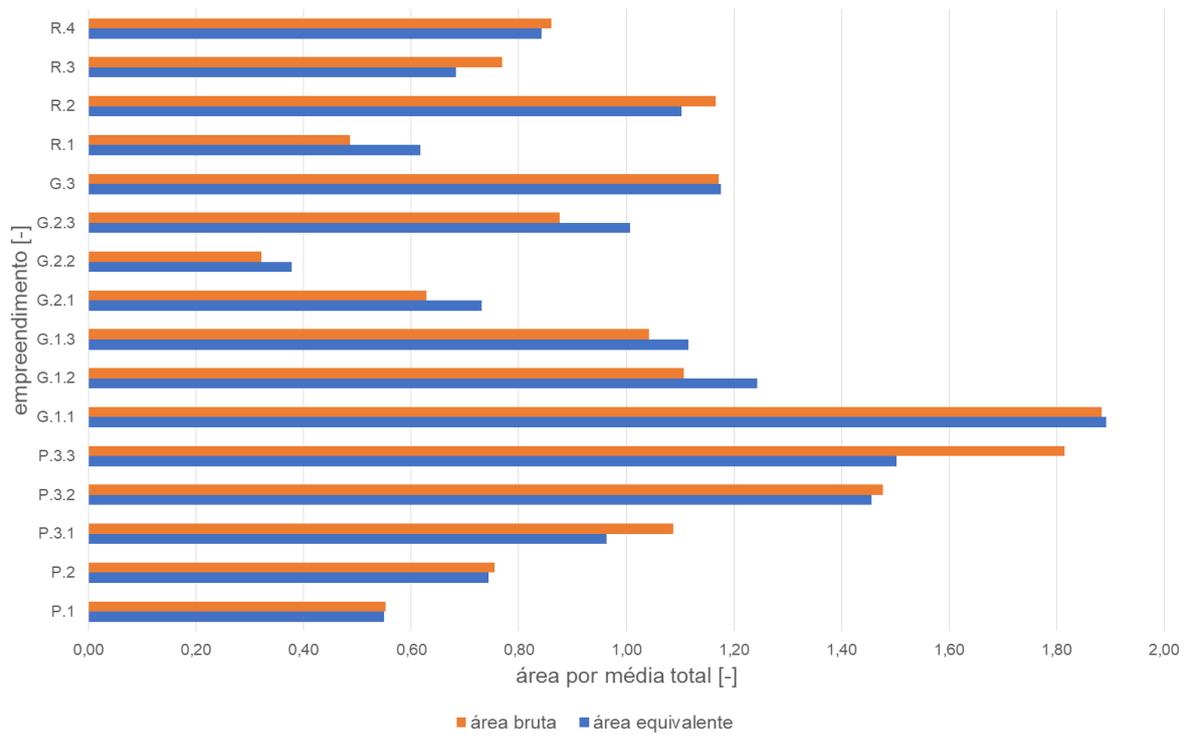


Figura 8: Área dos empreendimentos por média total.

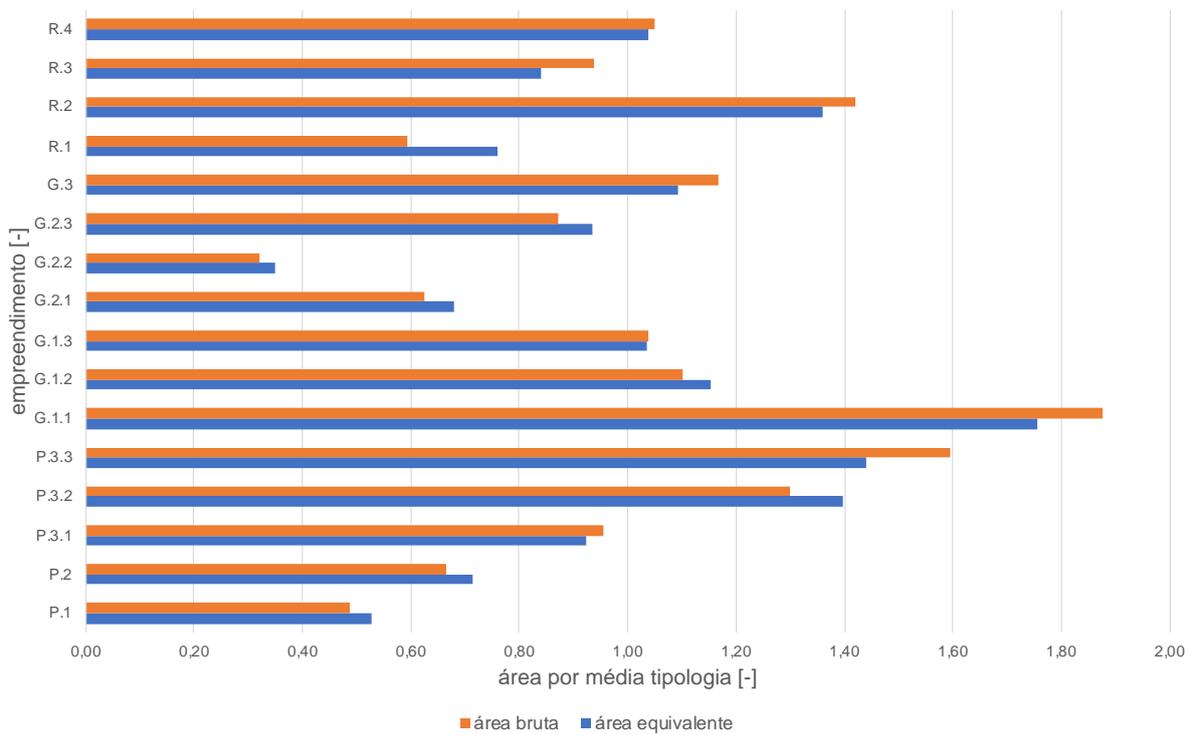


Figura 9: Área dos empreendimentos por média tipologia.

3.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE

No presente estudo recorre a uma abordagem estatística para analisar quantitativamente os desvios de custos registados nos empreendimentos do caso de estudo. A metodologia de análise adotada pode ser categorizada em termos: i) das ferramentas utilizadas; e ii) da forma como se procede à análise.

3.3.1 FERRAMENTAS UTILIZADAS

Relativamente às ferramentas estatísticas, recorre-se à estatística descritiva e à comparação das distribuições entre os grupos, quando a dimensão da amostra o permite. Para a estatística descritiva utilizam-se abordagens paramétricas (e.g., média, mediana, desvio padrão) e gráficas (e.g., “box-plots” e histogramas). Na comparação das distribuições entre os grupos recorre-se a testes paramétricos (t-test, ANOVA) e não paramétricos (Mann-Whitney, Kruskal-Wallis), dependendo se os dados apresentam distribuições normais ou não respetivamente.

3.3.2 PROCEDIMENTO DA ANÁLISE

A análise procede-se a dois níveis: i) por tipologia (análise vertical); e ii) por categoria (análise transversal). Na análise vertical comparam-se os desvios de custo em cada categoria por tipologia de empreendimentos. Já na análise transversal comparam-se os desvios de custo em cada tipologia de empreendimento por categoria de custo. Também se procede à análise vertical e horizontal de forma agregada, como se ilustra esquematicamente na Figura 10.

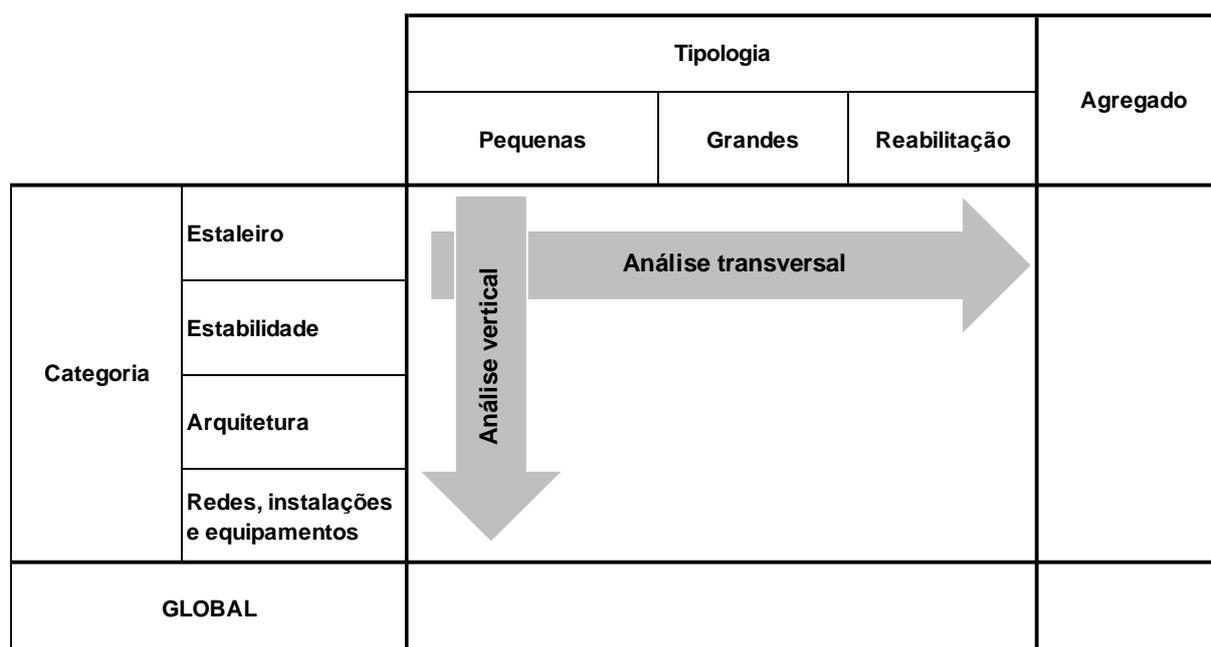


Figura 10: Matriz de metodologia de análise.

A análise vertical permite avaliar as diferenças dos desvios relativos entre as principais categorias de custos que compreendem um orçamento, para cada tipologia de empreendimento e de forma agregada, enquanto a análise transversal possibilita a avaliação dos desvios relativos entre os diferentes tipos de empreendimentos na amostra, para cada categoria de custo do orçamento e globalmente.

Como os pesos de cada categoria de custo é conhecido, tanto para cada tipologia de empreendimento como de forma agregada, os desvios relativos podem ser convertidos em desvios absolutos.

Para permitir a análise dos desvios por categoria de custo obteve-se o peso de cada categoria (P_c), que foi calculado para cada empreendimento pela equação (3.1):

$$P_c = \frac{V_c}{V_t} \quad (3.1)$$

em que:

V_c - valor orçamentado (inicial) da categoria de custo no empreendimento;

V_t - valor orçamentado (inicial) global do empreendimento.

Na determinação do desvio parcial (ΔC_c) de cada categoria (Estaleiro, Estabilidade, Arquitetura e Redes, instalações e equipamentos) recorreu-se à equação (3.2). Esta integra as 3 parcelas de desvio diferenciadas na informação disponível: trabalhos a mais, trabalhos a menos e reorçamentação. O desvio parcial é o somatório dos desvios parcelares.

$$\Delta C_c = (\Delta C_{mais} + \Delta C_{menos} + \Delta C_{reor.})_c = \left(\frac{\sum T_{mais}}{V_c} + \frac{\sum T_{menos}}{V_c} + \frac{\sum (V_{reor} - V_c)}{V_c} \right)_c \quad (3.2)$$

em que:

$\sum T_{mais}$ – somatório de trabalhos a mais;

$\sum T_{menos}$ – somatório de trabalhos a menos;

$\sum (V_{reor} - V_c)$ – somatório da diferença entre o valor reorçamentado e o valor orçamentado.

Finalmente, o desvio parcial absoluto de cada empreendimento é determinado através do produto do desvio parcial pelo peso da categoria respetiva no orçamento (equação 3.3).

$$\Delta C_G = P_c \times \Delta C_c \quad (3.3)$$

Na análise vertical, acima referenciada na Figura 10, pretende-se fazer estudos dividindo a amostra por tipologias e de um modo agregado. Serão analisadas algumas variáveis dependentes tais como o valor por metro quadrado de cada empreendimento.

Para isso, foi necessário fazer uma correção dos custos com base no ano de início dos empreendimentos para ter em conta a inflação. Esta correção da inflação foi feita com recurso às fórmulas de revisão de preços e através dos índices do IMPIC.

Esta correção foi feita para os valores absolutos, a estimativa inicial dos empreendimentos de construção nova e reabilitação e os valores por metro quadrado. Obteve-se as seguintes variáveis:

- estimativa;
- valor por área bruta;
- valor por área equivalente.

O cálculo dos desvios de cada empreendimento são calculados pela fórmula (3.4). Quando estes são negativos significa que o preço final da obra ficou abaixo do preço inicialmente estimado e, caso contrário, os desvios positivos indica que o preço final da obra ficou acima do inicial, ou seja houve derrapagem.

$$Desvio = \frac{(Reorçamento + T_{mais} + T_{menos}) - Estimativa}{Estimativa} \times 100 \quad (3.4)$$

Para se conseguir tratar os dados mantendo a confidencialidade dos projetos da empresa, tratou-se as variáveis de maneira a normalizá-las. Então aplicou-se a seguinte expressão (3.5):

$$Variável\ normalizada_i = \frac{variável_i}{média\ das\ variáveis} \quad (3.4)$$

As variáveis normalizadas obtidas foram:

- estimativa normalizada;
- valor por área bruta normalizada;
- valor por área equivalente normalizada;
- desvio normalizado.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA

Na Figura 11, apresenta-se a distribuição de custos dos vários empreendimentos em cada categoria, bem como a respetiva média. Analisando o peso das categorias dos empreendimentos nas diferentes tipologias, identifica-se que a tipologia pequena e tipologia grande, Figura 11 (a) e (c), apresentam resultados semelhantes, com os valores médios i) de estaleiro próximos de 10%, ii) de estabilidade 25%, iii) da arquitetura de 45% e iv) nas redes, instalações e equipamentos de 20%.

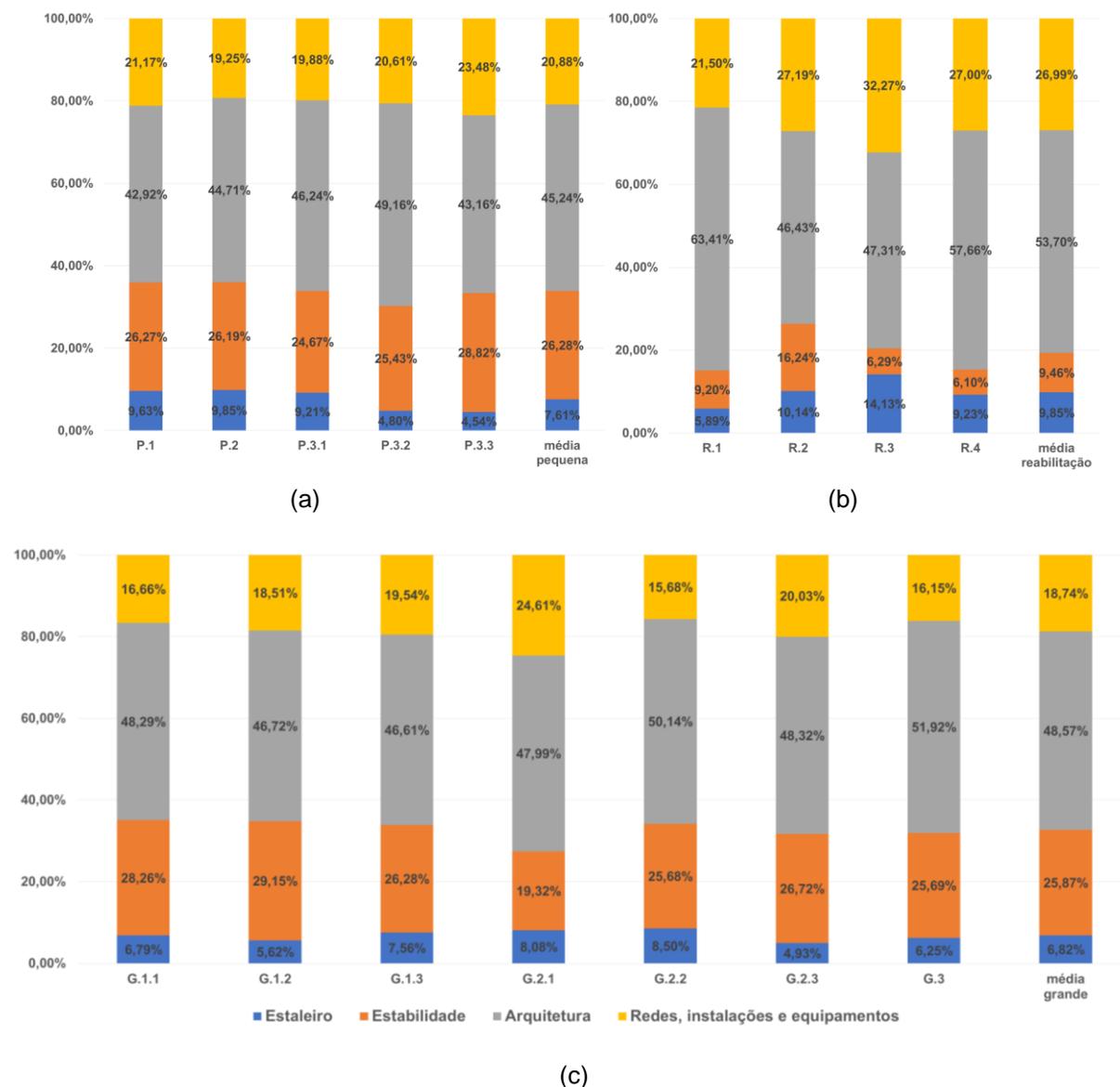


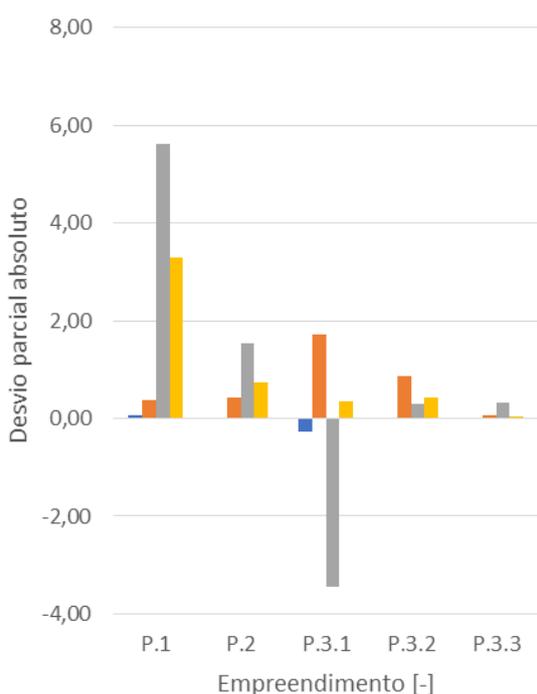
Figura 11: Peso das categorias nas tipologias, sendo (a) pequena, (b) reabilitação e (c) grande

Os empreendimentos que pertencem à tipologia reabilitação estão sujeitos a poucas intervenções estruturais, o que se torna visível comparando o seu peso da categoria estabilidade com o das tipologias pequena e grande. A média destes trabalhos está próxima dos 10% (Figura 11 (b)) face aos 25% das outras tipologias.

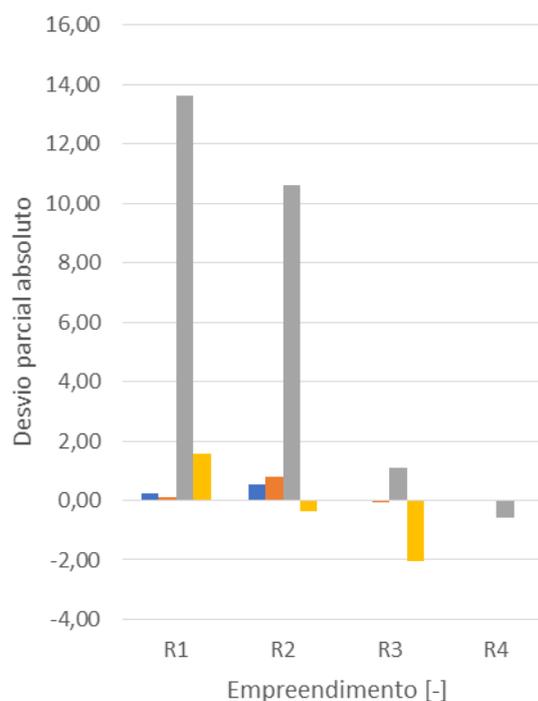
O rácio entre a média dos pesos das categorias redes com a arquitetura nas tipologias é de 46% na pequena, 39% na grande e 50% na reabilitação o que significa uma proximidade entre estes valores. Ao analisar o rácio entre a média dos pesos das categorias estabilidade e arquitetura, obtém-se os valores de 58% na tipologia pequena, 53% na tipologia grande e 18% na tipologia reabilitação o que traduz uma variabilidade significativa da tipologia reabilitação face às restantes.

Relativamente ao cálculo dos desvios de custo das várias categorias e em conformidade com a equação 3.2, calculou-se os desvios parcelares. Estes desvios encontram-se representados no Anexo I, na Figura 24 desvios da parcela reorçamentação, Figura 25 parcela trabalhos a mais e Figura 26 parcela trabalhos a menos.

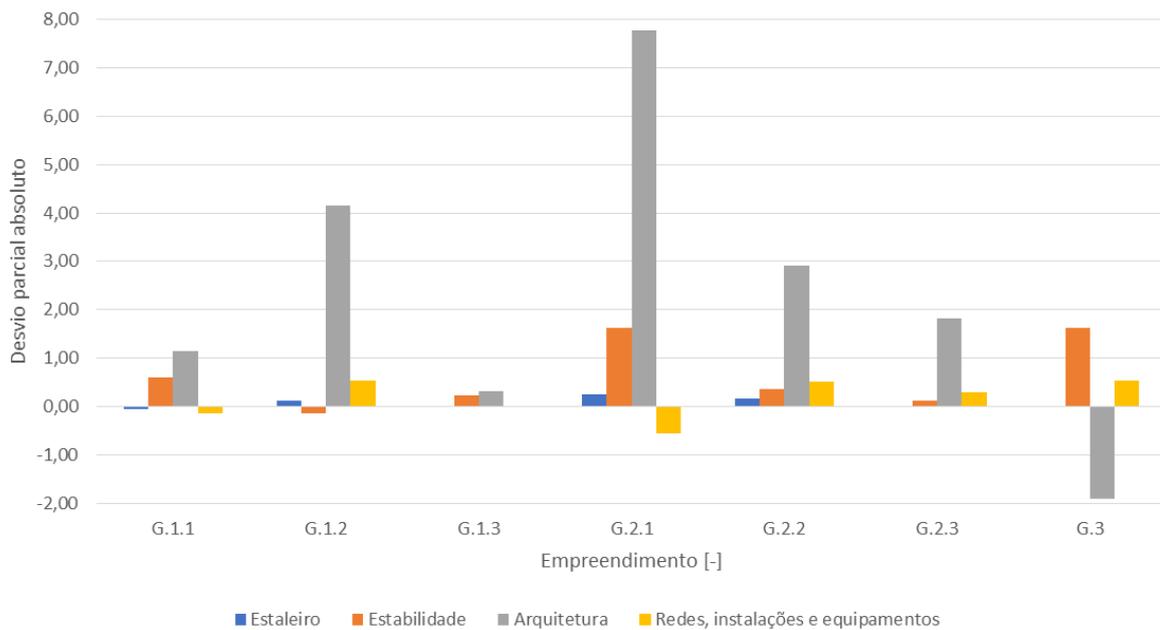
A Figura 12 detalha os desvios parciais determinados pela equação 3.3. Verifica-se que em todos os empreendimentos ocorrem desvios sendo que a categoria que mais desvia é a arquitetura. Nos empreendimentos P.3.1, R4 e G.3 observa-se que há desvios da arquitetura negativos, o que significa que o preço final desta categoria ficou abaixo do preço inicialmente estimado. A categoria que sofre menos desvios é o estaleiro.



(a)



(b)



(c)

Figura 12: Desvio parcial absoluto, sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia reabilitação e (c) tipologia grande.

Estes desvios podem ser analisados de um modo agregado, ou seja, não fazendo divisão dos empreendimentos por tipologias. Assim é possível observar na Figura 13 a distribuição do desvio parcial absoluto por categorias. A categoria que sofre mais desvios é a arquitetura, que apresenta um valor *outlier* pertencente à tipologia reabilitação.

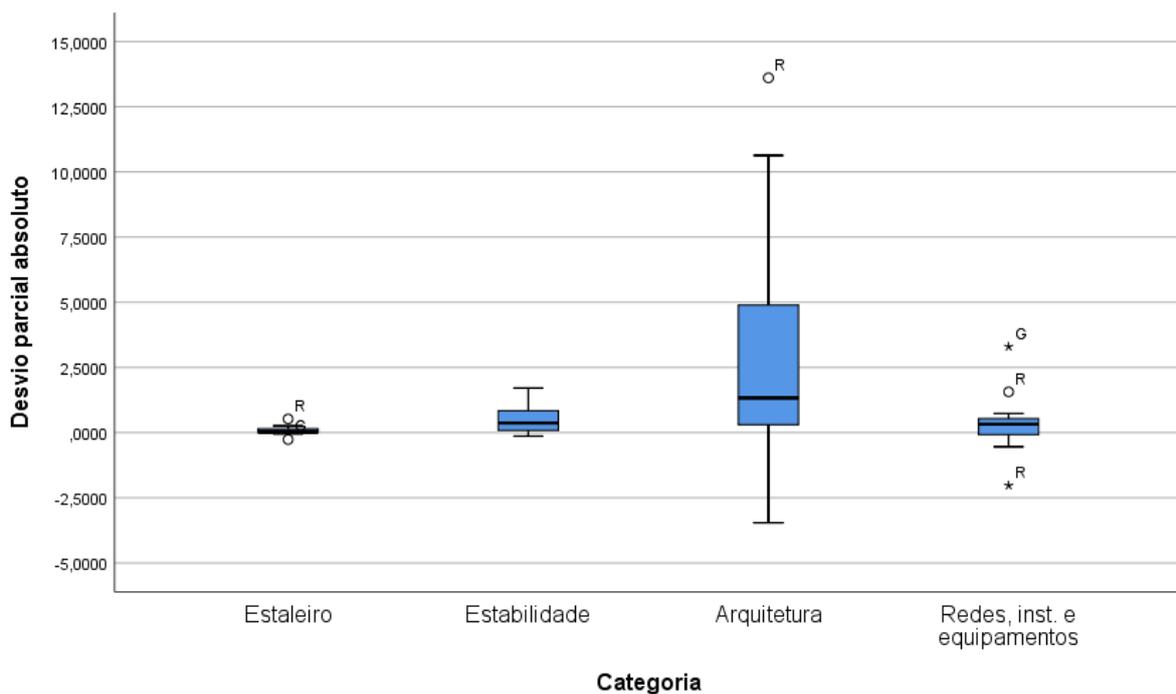


Figura 13: Distribuição do desvio parcial absoluto.

Passando agora para a análise vertical, procura-se descrever as variáveis dependentes através de histogramas e das suas distribuições, a descrição dos resultados obtidos encontra-se no Anexo II. Na Figura 14 segue a caracterização dos desvios normalizados. A média do desvio normalizado de todos os empreendimentos é unitária e a mediana apresenta um valor de 0,580. Nas tipologias apresentam os respectivos valores de média e mediana: i) 0,834 e 0,593 para a tipologia pequena, ii) 0,894 e 0,567 para a tipologia grande e iii) 1,393 e 1,443 para a tipologia reabilitação.

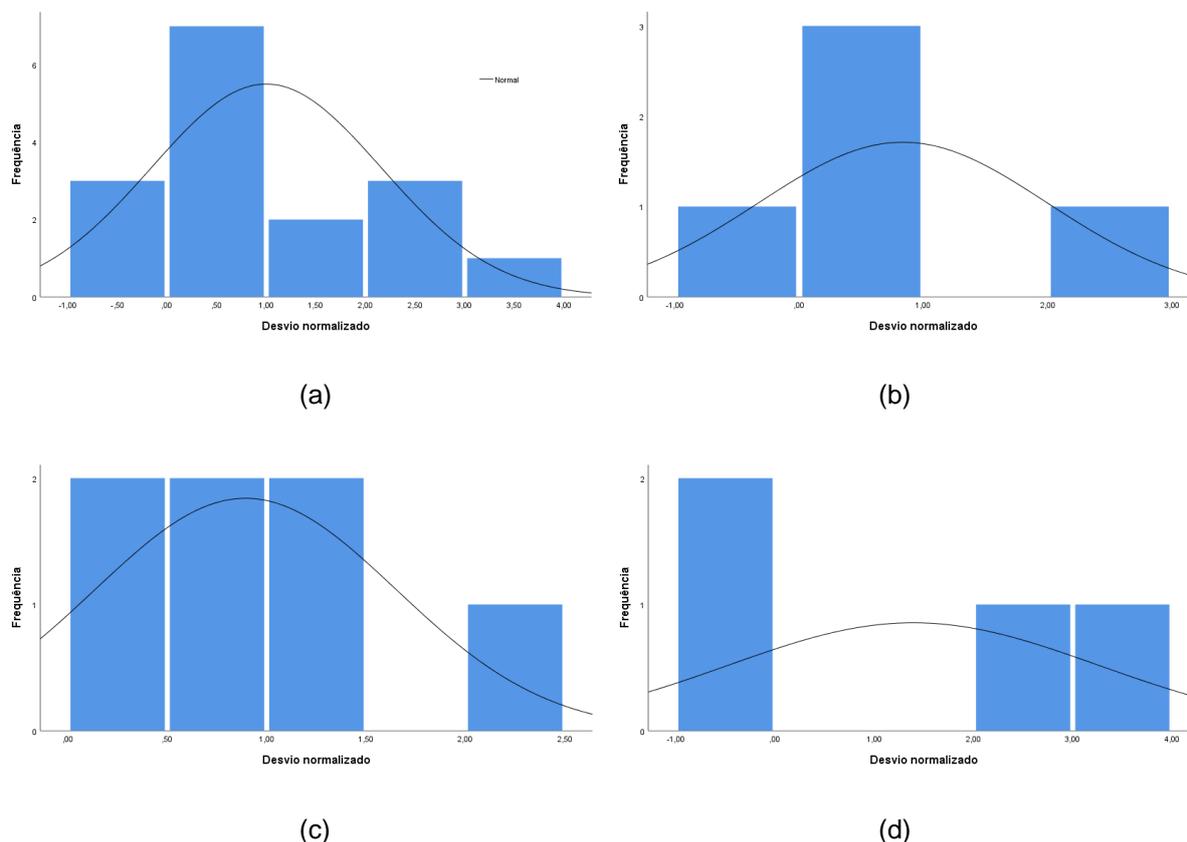


Figura 14: Histograma dos desvios normalizados, sendo (a) agregado, (b) tipologia pequena, (c) tipologia grande e (d) tipologia reabilitação.

A Figura 15 apresenta a dispersão do desvio normalizado das três tipologias e globalmente. A primeira análise trata-se de estudar as assimetrias. Na tipologia pequena observa-se uma assimetria negativa, o que significa que existe uma concentração de valores de desvios normalizados mais elevados na amostra. Enquanto na tipologia grande existe uma assimetria positiva, os valores de desvios normalizados estão mais concentrados na zona de valores mais reduzidos. Já a tipologia reabilitação apresenta aproximadamente uma simetria.

Na tipologia pequena existe um valor *outlier*, ou seja, o desvio normalizado de um dos empreendimentos é discrepante.

Comparando os três gráficos, conclui-se que a tipologia reabilitação apresenta maior variabilidade de desvios normalizados que as outras tipologias. As medianas das tipologias pequena e grande são muito próximas e significativamente mais pequenas que a da tipologia reabilitação.

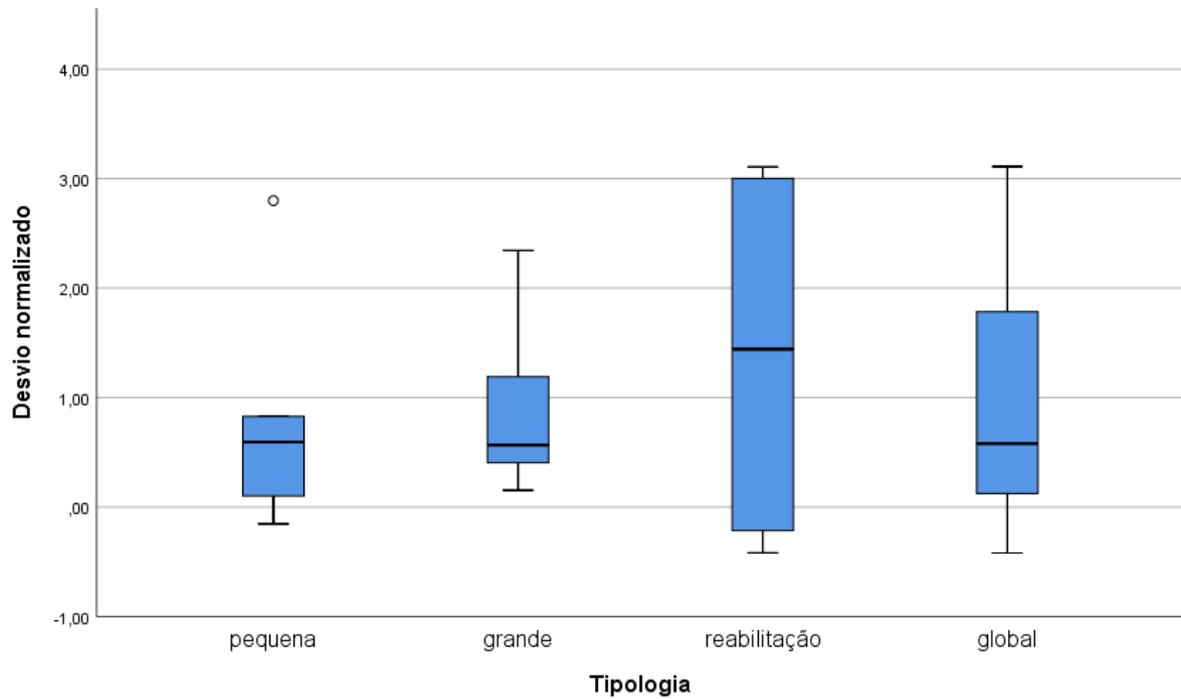
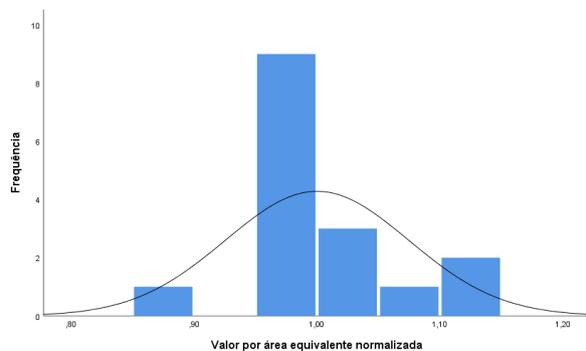
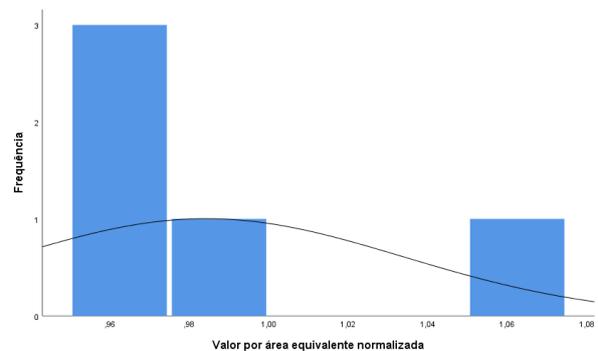


Figura 15: Distribuição do desvio normalizado.

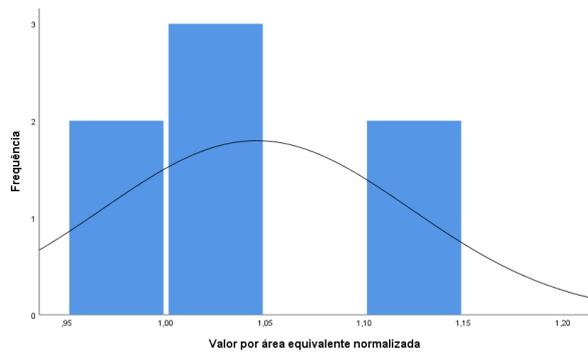
O valor por área equivalente normalizada é descrito na Figura 16 através dos histogramas. A mediana do agregado é de 0,58 e as medianas das tipologias são de 0,961 para as pequenas, 1,036 para as grandes e 0,961 na reabilitação. As médias são de 0,984 na tipologia pequena, 1,046 na tipologia grande e de 0,94 na reabilitação. Estes resultados permitem afirmar que a tipologia grande apresenta um valor por área equivalente maior que as outras duas.



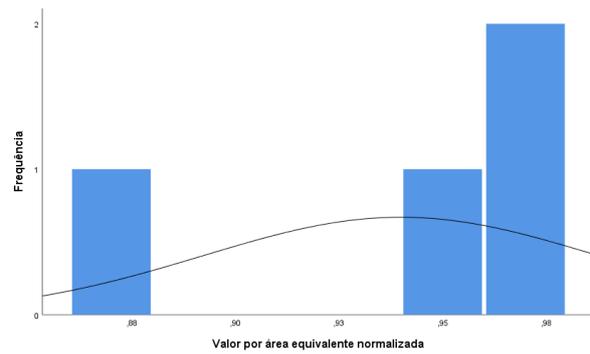
(a)



(b)



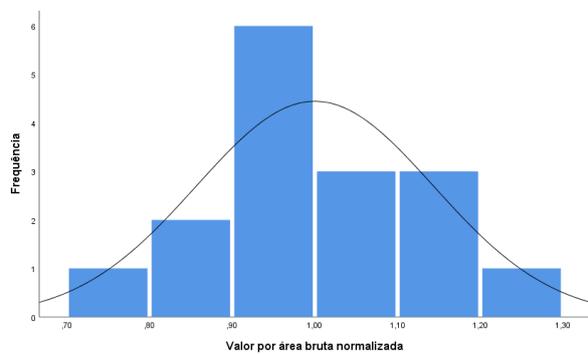
(c)



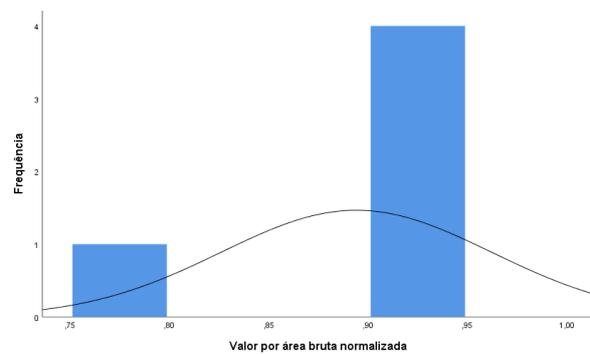
(d)

Figura 16: Histograma do valor por área equivalente normalizada, sendo (a) agregado, (b) tipologia pequena, (c) tipologia grande e (d) tipologia reabilitação.

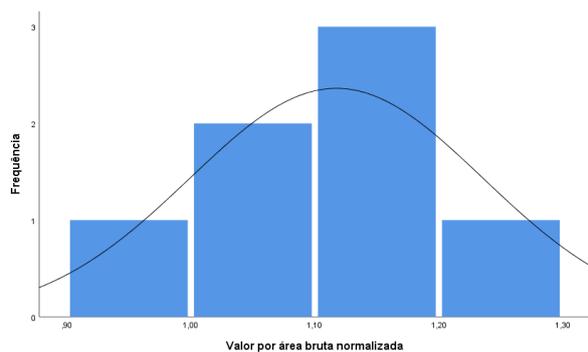
O valor por área bruta normalizada, apresentado na Figura 17, toma os valores de 0,937 para a mediana dos valores agregados.



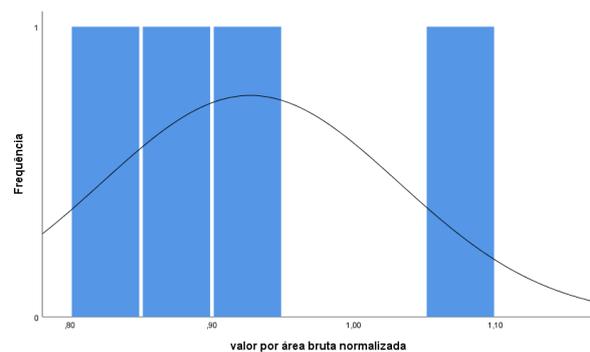
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 17: Histograma do valor por área bruta normalizada, sendo (a) agregado, (b) tipologia pequena, (c) tipologia grande e (d) tipologia reabilitação.

4.2 ANÁLISE UNIDIMENSIONAL

Iniciou-se a análise estatística testando a normalidade das distribuições do “valor por área equivalente normalizada”, “valor por área bruta normalizada” e “desvio de custo normalizado” recorrendo aos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk. O teste de Shapiro-Wilk é mais apropriado para

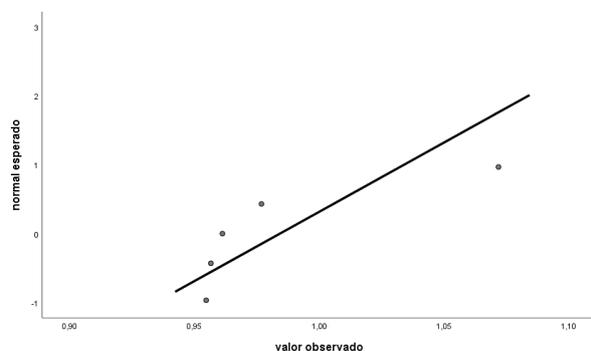
amostras de tamanho pequeno (< 50 amostras), por esse motivo utiliza-se este teste como meio numérico para avaliar a normalidade da amostra. Se o valor de significância for superior a 0,05 então os dados são normais, caso sejam inferiores desviam-se significativamente de uma distribuição normal. Obteve-se os resultados representados na Tabela 9. Importa referir que quando se tem um número de pontos reduzidos de uma amostra, torna-se difícil concluir quanto à sua normalidade, tal acontece na tipologia reabilitação.

Tabela 9: Testes numéricos de normalidade.

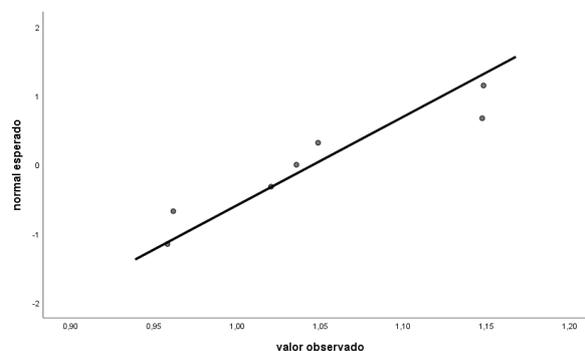
Variável	Tipologia	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
valor por área equivalente normalizada	Pequena	0,359	5	0,034	0,692	5	0,008
	Grande	0,199	7	,200*	0,879	7	0,222
	Reabilitação	0,400	4		0,705	4	0,013
valor por área bruta normalizada	Pequena	0,414	5	0,005	0,663	5	0,004
	Grande	0,169	7	,200*	0,977	7	0,944
	Reabilitação	0,268	4		0,931	4	0,598
desvio normalizado	Pequena	0,302	5	0,153	0,841	5	0,168
	Grande	0,238	7	,200*	0,880	7	0,226
	Reabilitação	0,290	4		0,808	4	0,118

A Tabela 9 permite afirmar que os valores da variável “desvio normalizado” apresentam uma distribuição normal enquanto as outras variáveis desviam-se significativamente da normalidade. Então foi necessário estudar os gráficos Q-Q normais para comparar as formas das distribuições.

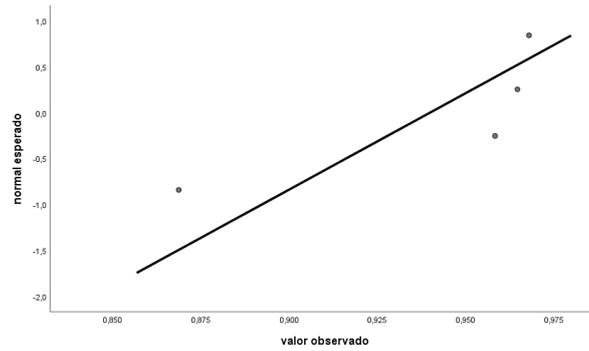
Os gráficos de normalidade da variável dependente “valor por área equivalente normalizada” para as diferentes tipologias, apresentados na Figura 18, indicam que a tipologia grande é normalmente distribuída, visto que os valores observados aproximam-se da reta.



(a)



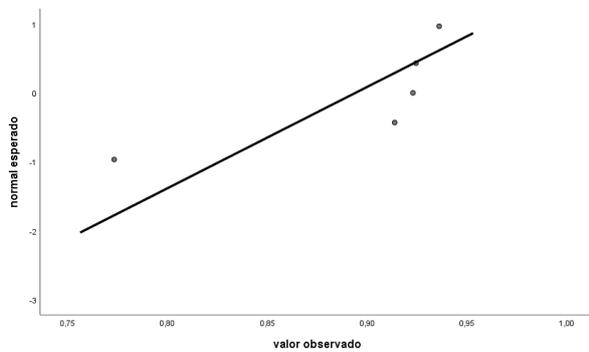
(b)



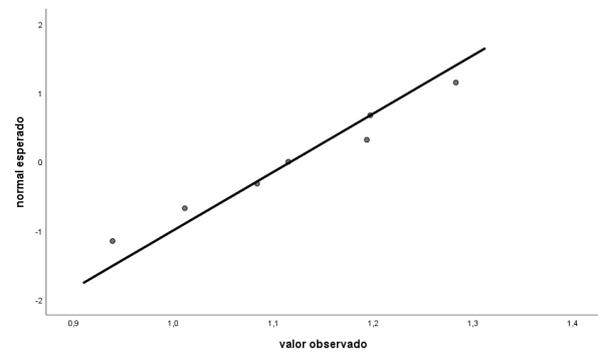
(c)

Figura 18: Gráfico Q-Q normal da variável dependente "valor por área equivalente normalizada", sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia grande e (c) tipologia reabilitação.

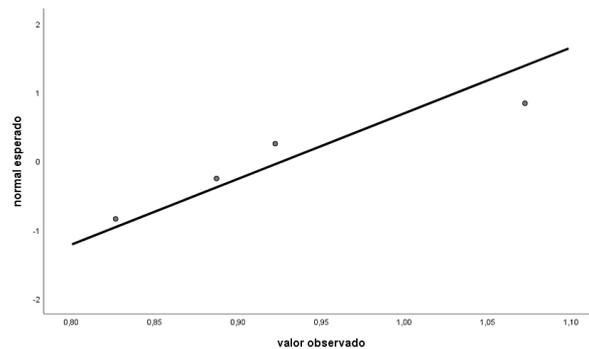
Na Figura 19, obtém-se os gráficos de normalidade da variável dependente "valor por área bruta normalizada" que indicam que as tipologias grande e reabilitação são normalmente distribuídas.



(a)



(b)



(c)

Figura 19: Gráfico Q-Q normal da variável dependente "valor por área bruta normalizada", sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia grande e (c) tipologia reabilitação.

4.2.1 TESTES

A análise de variância unidirecional serve para determinar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre tipologias distintas. Para se realizar o teste ANOVA as variáveis dependentes devem ser normalmente distribuídas em cada tipologia. Também é necessário que haja homogeneidade de

variâncias, para isso realizou-se o teste de Levene. Este indica que a variável “desvio normalizado” rejeita a hipótese nula de variâncias populacionais iguais e que as outras duas variáveis não rejeitam uma vez que apresentam significâncias maiores que 0,05.

Na Tabela 10 mostra-se o resultado da análise ANOVA, teste paramétrico, onde se identifica que o valor de significância da variável dependente “valor por área bruta normalizada” é 0,005. Este valor é inferior a 0,05 portanto existe uma diferença estatisticamente significativa no “valor por área bruta normalizada” entre as diferentes tipologias. Ainda assim, não se sabe qual das tipologias diferiu.

A variável “valor por área equivalente normalizada” tem um valor de significância de 0.053 pouco maior que 0.05, por isso para um intervalo de confiança de 90% esta variável seria estatisticamente significativa.

Tabela 10: Resultados ANOVA.

Variável dependente		df	F	Sig.
valor por área equivalente normalizada	Entre tipologias	2	3,712	0,053
valor por área bruta normalizada	Entre tipologias	2	8,361	0,005

Os resultados obtidos permitem saber que existem diferenças estatisticamente significativas entre as tipologias no “valor por área bruta normalizada”, mas não indicam em quais dos grupos diferem. A Tabela 11 apresenta as comparações entre tipologias e contém os resultados do teste *Post Hoc* Bonferroni para confirmar onde ocorrem as diferenças entre as tipologias. Por análise, existe uma diferença estatisticamente significativa entre a tipologia pequena e grande ($p=0,007$) e entre a tipologia grande e reabilitação ($p=0,0032$).

Tabela 11: Resultados do teste *Post Hoc* de Bonferroni.

Variável dependente	Tipologia (I)	Tipologia (J)	Diferença entre médias de tipologias (I-J)	Erro padrão	Sig.	Intervalo confiança 95%	
						Limite inferior	Limite superior
Valor por área equivalente normalizada	pequeno	grande	-0,061	0,037	0,373	-0,164	0,041
		reabilitação	0,044	0,043	0,960	-0,073	0,162
	grande	pequeno	0,061	0,037	0,373	-0,041	0,164
		reabilitação	0,106	0,040	0,061	-0,004	0,216
	reabilitação	pequeno	-0,044	0,043	0,960	-0,162	0,073
		grande	-0,106	0,040	0,061	-0,216	0,004
Valor por área bruta normalizada	pequeno	grande	-0,223	0,060	0,007	-0,387	-0,059
		reabilitação	-0,033	0,068	1,000	-0,221	0,155
	grande	pequeno	0,223	0,060	0,007	0,059	0,387
		reabilitação	0,190	0,064	0,032	0,015	0,366
	reabilitação	pequeno	0,033	0,068	1,000	-0,155	0,221
		grande	-0,190	0,064	0,032	-0,366	-0,015

O teste de Kruskal-Wallis é um teste não paramétrico que permite comparar as tipologias pequena, grande e reabilitação, testando a hipótese nula de que todas as amostras possuem distribuições iguais contra a hipótese de que pelo menos uma tipologia tenha uma distribuição diferente das outras. Estudou-se as variáveis dependentes: i) valor por área equivalente normalizada, ii) valor por área bruta normalizada e iii) desvio normalizado com um nível de significância de 0,050. O resumo do teste de hipótese, apresentado na Tabela 12, rejeita a hipótese nula na variável “valor por área bruta normalizada” ($p=0,008$) o que indica que há diferenças nas distribuições.

Tabela 12: Resumo do teste de hipótese.

Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
A distribuição de valor por área equivalente normalizada é igual nas categorias de Tipologia.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	0,136	Reter a hipótese nula.
A distribuição de valor por área bruta normalizada é igual nas categorias de Tipologia.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	0,008	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de Desvio normalizado é igual nas categorias de Tipologia.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	0,924	Reter a hipótese nula.

Analisou-se a variável de valor por área bruta normalizada comparando as tipologias a partir da hipótese nula de que as distribuições da tipologia 1 – tipologia 2 são iguais com um nível de significância de 0,05. A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos, em que a última coluna corresponde aos valores de significância ajustados pela correção Bonferroni.

As tipologias pequena e grande rejeitam a hipótese nula, por isso conclui-se que as medianas não são todas iguais para estas amostras.

Tabela 13: Comparações do valor por área bruta normalizada em pares de tipologia.

Tipologia 1 - Tipologia 2	Estatística de teste	Desvio padrão	Estatística de desvio padrão	Sig.	Sig. Ajustada
Pequena-Reabilitação	-0,050	3,194	-0,016	0,988	1,000
Pequena-Grande	7,514	2,788	2,695	0,007	0,042
Reabilitação-Grande	7,464	2,984	2,501	0,012	0,074

4.2.2 CORRELAÇÕES

As variáveis até aqui estudadas, através dos testes efetuados, permitem comparar a localização entre dois grupos de tipologias e perceber se são emparelhadas ou independentes. No entanto não apura conclusões a possíveis relações entre as variáveis, a sua independência ou dependência e o grau de dependência.

As correlações permitem medir a força e direção de associação entre duas variáveis o que torna interessante apesar de estas poderem depender de outras formas. As variáveis usadas neste teste foram:

- número de pisos acima do solo;
- número de pisos abaixo do solo;
- valor por área equivalente normalizada;
- valor por área bruta normalizada;
- desvio normalizado.

A correlação de Pearson, paramétrica, apresenta um coeficiente que pode variar entre -1 e 1. O coeficiente de Pearson quando assume o valor de -1 os pontos das variáveis em estudo estão exatamente sobre uma reta de declive negativo o que indica que quando há um aumento de uma variável a outra diminui. Caso contrário, quando R assume o valor de 1, os pontos estão exatamente sobre uma reta positiva havendo assim uma proporcionalidade direta entre as duas variáveis. Quando as amostras são independentes, o coeficiente de Pearson apresenta um valor próximo de zero.

A Tabela 14 permite correlacionar as variáveis e tirar algumas conclusões dos resultados obtidos.

Tabela 14: Correlação de Pearson.

		Número pisos acima do solo	Número pisos abaixo do solo	Valor por área equivalente normalizada	Valor por área bruta normalizada	Desvio normalizado	
Número pisos acima do solo	Correlação	1	0,356	-0,410	-0,417	-0,032	
	Pearson		0,176	0,115	0,108	0,907	
	Sig. (2 extremidades)		16	16	16	16	
	N						
Número pisos abaixo do solo	Correlação		1	0,245	-0,329	-0,601	
	Pearson			0,360	0,214	0,014	
	Sig. (2 extremidades)			16	16	16	
	N						
Valor por área equivalente normalizada	Correlação			1	0,609	-0,465	
	Pearson				0,012	0,069	
	Sig. (2 extremidades)				16	16	
	N						
Valor por área bruta normalizada	Correlação				1	0,145	
	Pearson					0,593	
	Sig. (2 extremidades)					16	
	N						
Desvio normalizado	Correlação					1	
	Pearson						
	Sig. (2 extremidades)						16
	N						

Analisando a Tabela 14, verifica-se que o “valor por área bruta normalizada” e o “valor por área equivalente normalizada” apresentam uma boa correlação de Pearson que foi estatisticamente significativa ($r=0,609$ e $p=0,012$). Por meio da Figura 20 verifica-se que, quanto maior o valor por área equivalente normalizada, maior será o valor por área bruta normalizada.

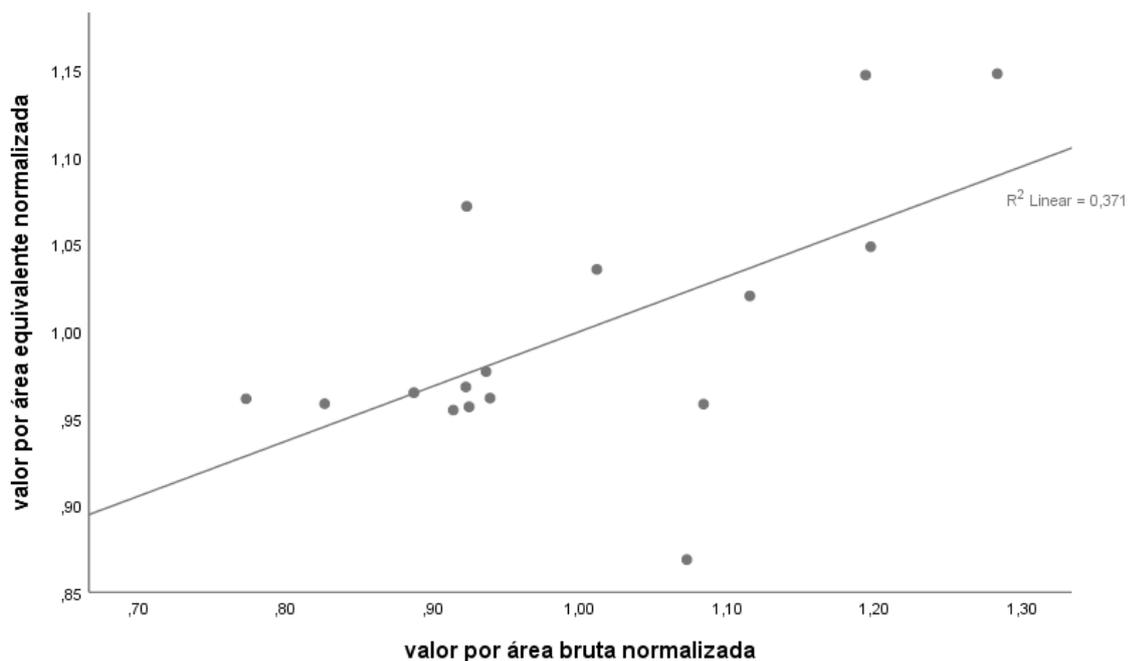


Figura 20: Dispersão simples de valor por área equivalente normalizada por valor por área bruta normalizada.

Suspeita-se que quanto mais pisos abaixo do solo maior será o desvio normalizado, devido às implicações de estabilidade das construções subterrâneas.

Mas afinal, interpretando os resultados, o desvio normalizado e o número de pisos abaixo do solo apresentam uma correlação negativa e estatisticamente significativa ($r=-0,601$ e $p=0,014$), ou seja, o desvio normalizado tende a aumentar quando o número de pisos abaixo do solo diminui (Figura 21). Este resultado poderá ser explicado devido ao facto da amostra em estudo apenas apresentar um máximo de três pisos abaixo do solo.

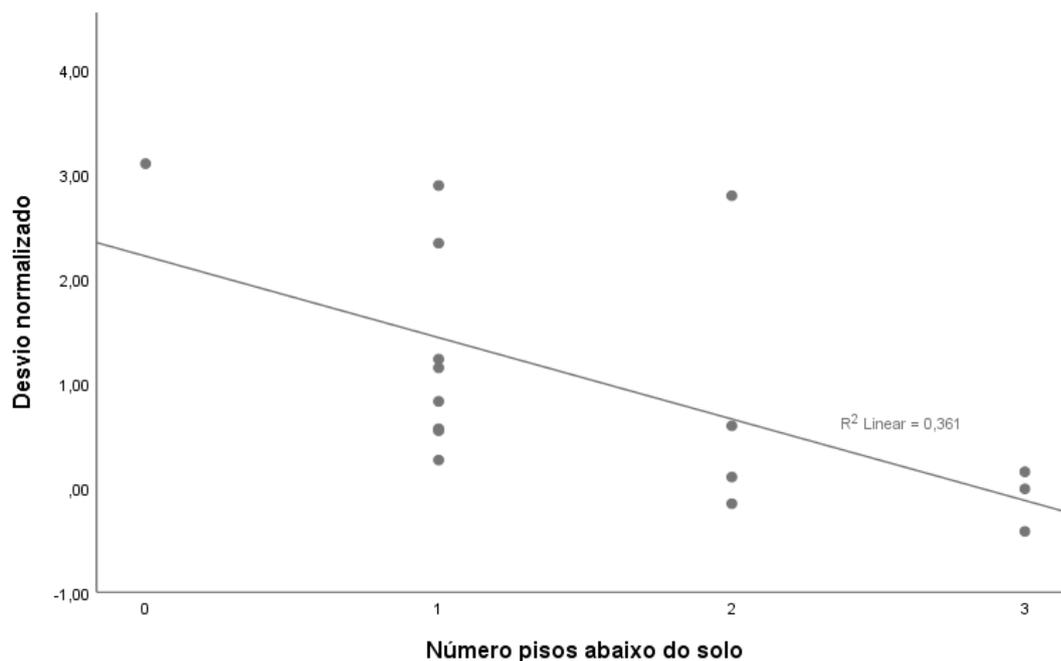


Figura 21: Dispersão simples de desvio normalizado por número de pisos abaixo do solo.

A correlação de Pearson e a significância entre as variáveis “número de pisos acima do solo” e “número de pisos abaixo do solo” é de 0,356 e 0,176 respetivamente. Uma vez que a nossa amostra está dividida em 3 tipologias, será preciso analisar em cada tipologia os resultados obtidos e assim tirar ilações. Para isso, mostra-se na Tabela 15 a correlação entre estas variáveis e percebe-se que a tipologia reabilitação apresenta uma correlação forte ($r=0,816$).

A tipologia reabilitação é a única, na amostra em estudo, que apresenta empreendimentos em Lisboa. O facto de existir uma forte correlação no número de pisos acima e abaixo do solo nesta tipologia, poderá ser explicado devido ao regime de atribuição de lugares de estacionamento afetos aos fogos habitacionais.

Tabela 15: Correlação entre as variáveis de número de pisos acima e abaixo do solo.

	Tipologia		Número pisos abaixo do solo
Número pisos acima do solo	pequena	Correlação de Pearson	0,559
		Sig.	0,327
		N	5
	grande	Correlação de Pearson	0,000
		Sig.	1,000
		N	7
	reabilitação	Correlação de Pearson	0,816
		Sig.	0,184
		N	4

4.3 ANÁLISE MULTIDIMENSIONAL

Procurou-se analisar os dados com modelos de regressão linear para entender a relação entre o comportamento de um fenómeno e o comportamento de uma ou mais variáveis que possam ser

preditoras, sem que haja necessariamente, uma relação de causa e efeito. O modelo geral da regressão linear é definido pela equação (4.1):

$$Y_i = a + b_i \cdot X_j \quad (4.1)$$

em que Y representa o fenómeno em estudo (variável dependente), *a* representa a ordenada na origem da reta (coeficiente linear), *b_i* (*i* = 1, 2, ..., *k*) são os coeficientes de cada variável preditora e *X_j* são as variáveis explicativas dos coeficientes.

Estudou-se as seguintes variáveis dependentes:

- estimativa normalizada;
- desvio normalizado;
- valor por área bruta normalizada;
- valor por área equivalente normalizada.

Em cada modelo estudou-se a relação com as seguintes variáveis independentes:

- tipologia;
- número de pisos abaixo do solo;
- número de pisos acima do solo;
- localização;
- área bruta normalizada;
- área equivalente normalizada.

Os coeficientes de exatidão foram calculados como medida de ajustamento dos modelos estatísticos. Estes variam entre 0% e 100%, e quanto maior o seu valor mais explicativo é o modelo. Observando a Figura 22, consta-se que a variável “Estimativa normalizada” apresenta a melhor exatidão de modelo com R² de 93,3% muito próxima de 100%, o que indica um grau elevado de correlação. Com este valor espera-se que este modelo seja totalmente explicado por uma variável preditora. Os outros modelos em estudo apresentam valores de exatidão satisfatórios, o que será interessante analisar e interpretar os seus resultados.

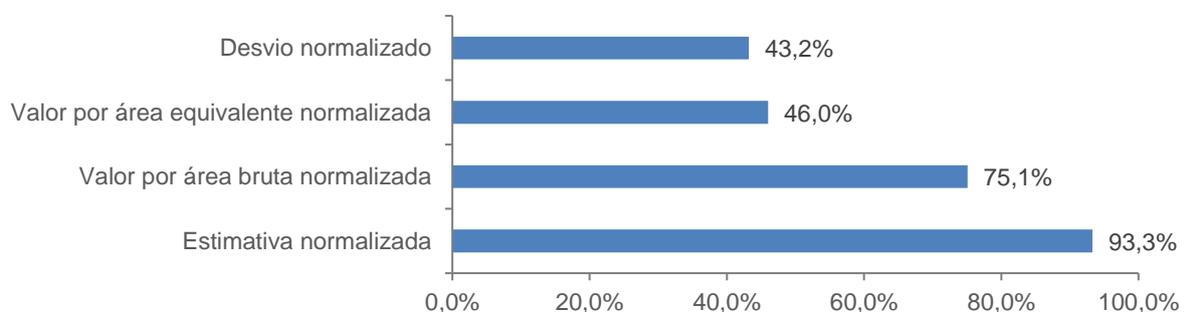


Figura 22: Exatidão dos modelos.

A Tabela 16 apresenta os resultados dos modelos realizados. O primeiro modelo, “Estimativa normalizada”, está fortemente dependente da área bruta normalizada como se pode ver na Figura 23. Tal como se previa na exatidão do modelo, as estimativas de custo são feitas tendo em conta a área do empreendimento. A localização também influencia a estimativa normalizada, sendo 0,277 superior caso a construção seja feita em Aveiro, Estarreja ou Lisboa. Este modelo prevê significativamente bem as variáveis dependentes, uma vez que os valores de “Sig.” são inferiores a 0,05. Isto quer dizer que, globalmente, o modelo prevê as variáveis “área bruta normalizada” e “localização” como bom ajuste para os dados obtidos.

O valor por área bruta normalizada é de 1,253 mas varia consoante a sua localização e a área bruta normalizada. Quando a localização é Aveiro, Estarreja ou Lisboa o valor é de -0,231. A área bruta normalizada também apresenta um coeficiente negativo, com o valor de -0,108.

Tabela 16: Resultados dos modelos de regressão linear.

	Coeficiente	Erro padrão	t	Sig.	95% Intervalo de Confiança	
					Inferior	Superior
Estimativa normalizada						
Ordenada na origem	0,017	0,069	2,406	0,032	0,017	0,316
Área bruta normalizada	0,782	0,068	11,530	0,000	0,635	0,928
Localização = Aveiro, Estarreja ou Lisboa	0,277	0,075	3,700	0,003	0,115	0,438
Localização = Canidelo ou Ílhavo	0 ^a					
Valor por área bruta normalizada						
Ordenada na origem	1,253	0,050	24,995	0,000	1,144	1,361
Localização = Aveiro, Estarreja ou Lisboa	-0,231	0,037	-6,249	0,000	-0,311	-0,151
Localização = Canidelo ou Ílhavo	0,000					
Área bruta normalizada	-0,108	0,042	-2,590	0,022	-0,198	0,018
Valor por área equivalente normalizada						
Ordenada na origem	1,060	0,022	47,382	0,000	1,011	1,108
Localização = Aveiro, Estarreja ou Lisboa	-0,085	0,029	-2,939	0,012	-0,147	-0,022
Localização = Canidelo ou Ílhavo	0 ^a					
Número de pisos abaixo do solo = 0	-0,106	0,058	-1,838	0,089	-0,231	0,019
Número de pisos abaixo do solo = 1, 2 ou 3	0 ^a					
Desvio normalizado						
Ordenada na origem	0,843	0,698	1,207	0,251	-0,679	2,364
Número de pisos abaixo do solo = 0	2,774	1,033	2,686	0,020	0,524	5,025
Número de pisos abaixo do solo = 1, 2 ou 3	1,378	0,573	2,407	0,033	0,131	2,626
Número de pisos abaixo do solo = 2	0 ^a	0,042	-2,590	0,022	-0,198	0,018
Área bruta normalizada	-1,050	0,542	-1,937	0,077	-2,230	0,131

a. Este coeficiente é definido como zero porque é redundante.

O valor por área equivalente normalizada é de 1,060 e varia com a localização tal como acontece no modelo anterior. Neste modelo, quando a localização é Aveiro, Estarreja ou Lisboa o valor tem um decréscimo de -0,085. O número de pisos abaixo do solo também influencia o valor por área equivalente normalizada.

O último modelo demonstrado na Tabela 16, do desvio normalizado apresenta-se com um valor inicial de 0,843 variando com o número de pisos abaixo de solo. Os desvios nos empreendimentos com zero pisos abaixo do solo apresentam um coeficiente de 2,774 e os restantes 1,378. A área bruta normalizada apresenta um coeficiente de -1,050.

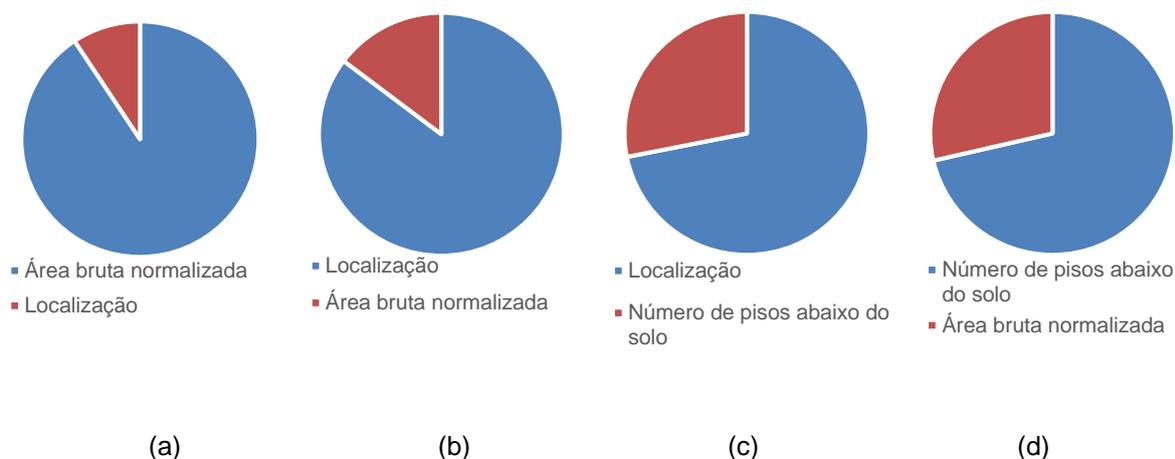


Figura 23: Pesos das variáveis preditoras, sendo o modelo (a) estimativa normalizada, (b) valor por área bruta normalizada, (c) valor por área equivalente normalizada e (d) desvio normalizado.

Na Figura 23 observa-se o peso das variáveis preditoras dos modelos estudados. A estimativa normalizada depende 90% da área bruta normalizada. Os valores por área bruta e equivalente normalizada dependem, a maior parte, da localização do empreendimento. Por fim, o desvio normalizado varia com a área bruta normalizada e com o número de pisos abaixo do solo, sendo que este último apresenta um peso de aproximadamente 70%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 SÍNTESE, CONTRIBUTOS E PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Com esta dissertação pretendeu-se analisar quantitativamente os desvios de custo e de prazo em empreendimentos de construção na perspetiva do empreiteiro e observar os seus padrões nos desvios observados com as características dos empreendimentos. Para isso, foi feito um estudo com base numa amostra de 16 empreendimentos realizados por uma empresa de construção que atua como empreiteiro e dono de obra.

A presente dissertação teve início com o estudo da bibliografia existente sobre a orçamentação e calendarização, controlo de custos e prazos e ainda os desvios de custos e prazos. No estudo dos desvios procurou-se analisar os fatores que afectam o desempenho do cumprimento de custos e prazos na perspetiva das principais entidades envolvidas no projeto.

O objetivo de analisar quantitativamente os desvios de prazo não foi atingido por falta de informação recolhida sobre os prazos de conclusão dos empreendimentos.

Iniciou-se o caso de estudo com a organização dos dados recolhidos e de seguida dividiu-se os empreendimentos por tipologias. Os empreendimentos estudados apresentam características que permitem associá-los em termos do tipo de intervenção (obra nova ou reabilitação) e do nível do tamanho dos fogos (pequenos ou grandes).

Através da estatística descritiva, observou-se o peso das categorias resumida pela média das categorias nas diferentes tipologias e globalmente na Tabela 17. Analisando estes valores conclui-se que a grande diferença na comparação do peso dos trabalhos em termos do tipo de intervenção de obra nova ou reabilitação é a categoria “Estabilidade”. Na tipologia reabilitação, o peso destes trabalhos é muito inferior face às tipologias pequena e grande. Isto porque, na amostra, os empreendimentos que são reabilitações não apresentam grandes intervenções a nível estrutural.

Tabela 17: Média dos pesos das categorias, nas diferentes tipologias.

Tipologia	Estaleiro	Estabilidade	Arquitetura	Redes, instalações e equipamentos
Pequena	7,61%	26,28%	45,23%	20,88%
Grande	6,82%	25,87%	48,57%	18,74%
Reabilitação	9,85%	9,46%	53,7%	26,99%
Agregado	7,8%	21,9%	48,8%	21,5%

Na Tabela 18 apresentam-se os desvios parciais absolutos, calculados pela equação 3.3., aqui é possível concluir que existe uma grande diferença de desvios na categoria “Arquitetura” entre as tipologias pequena e grande. Este desvio está relacionado com o tamanho dos fogos das tipologias referidas.

Tabela 18: Desvios parciais absolutos.

	Tipologia			Agregado
	Pequena	Grande	Reabilitação	
Estaleiro	-0,03	0,08	0,2	0,07
Estabilidade	0,69	0,63	0,23	0,55
Arquitetura	0,86	2,32	6,19	2,83
Redes, instalações e equipamentos	0,97	0,17	-0,2	0,33
Global	2,48	3,2	6,42	3,78

Os testes efetuados à variável “valor por área bruta normalizada” permitem concluir que existem diferenças estatisticamente significativas entre as tipologias pequena e grande, o que leva a validar a premissa inicial de distinguir os empreendimentos por nível do tamanho dos fogos. Conclui-se a partir da Tabela 19, que o valor por área bruta normalizada dos empreendimentos de tipologia grande é mais caro que os de tipologia pequena.

Tabela 19: Descritivo da variável dependente "valor por área bruta normalizada".

	média	mediana	variância	mínimo	máximo
Pequena	0,89	0,92	0,005	0,77	0,94
Grande	1,12	1,11	0,014	0,94	1,28
Reabilitação	0,93	0,90	0,011	0,83	1,07
Agregado	1,00	0,94	0,021	0,77	1,28

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Pretende-se sugerir alguns desenvolvimentos futuros para complementar os conhecimentos adquiridos na presente dissertação. Deste modo apontam-se possíveis propostas:

- Realizar o mesmo estudo com uma amostra com maior número de empreendimentos e com mais diversidade para se conseguir resultados mais expressivos.
- Replicar o caso de estudo com uma amostra de empreendimentos de outras empresas que atuam na mesma região e comparar os resultados obtidos e perceber se existe semelhanças.
- Comparar os resultados com estudos realizados segundo o ponto de vista do dono de obra.
- Uma análise qualitativa aos desvios observados.
- A informação recolhida não permite análises mais profundas dos trabalhos que pertencem às categorias. Seria interessante perceber quais as atividades que mais contribuem para os desvios das categorias.
- Estudar o impacto dos desvios de prazo nos custos das empreitadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PUBLICAÇÕES

- Acebes, Fernando, Javier Pajares, José Manuel Galán, and Adolfo López-Paredes. 2014. "A New Approach for Project Control under Uncertainty. Going Back to the Basics." *International Journal of Project Management* 32 (3): 423–34.
- Ahmed, S., P. Dlask, and B. Hasan. 2014. "Deviation in the Cost of Projects." *Construction Maeconomics Conference 2014*, 1–9.
- Al-Khalil, Mohammed I., and Mohammed A. Al-Ghafly. 1999. "Delay in Public Utility Projects in Saudi Arabia." *International Journal of Project Management* 17 (2): 101–6. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00020-9](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00020-9).
- Al-Tabtabai, H. M. 2002. "Causes for Delays in Construction Projects in Kuwait." *Engineering Journal of the University of Qatar*.
- Aliverdi, Reza, Leila Moslemi Naeni, and Amir Salehipour. 2013. "Monitoring Project Duration and Cost in a Construction Project by Applying Statistical Quality Control Charts." *International Journal of Project Management* 31 (3): 411–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.08.005>.
- Amare, Yosef, Emer T Quezon, and Mamuye Busier. 2017. "Causes of Delays during Construction Phase of Road Projects Due to the Failures of Contractor, Consultant, and Employer in Addis Ababa City Road Authority." *International Journal of Scientific & Engineering Research* 8 (3): 15–25.
- Arditi, David, Pirasak Sikangwan, and Onur B. Tokdemir. 2002. "Scheduling System for High Rise Building Construction." *Construction Management and Economics* 20 (4): 353–64. <https://doi.org/10.1080/01446190210131647>.
- Assaf, Sadi A., and Sadiq Al-Hejji. 2006. "Causes of Delay in Large Construction Projects." *International Journal of Project Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.010>.
- Aziz, Remon Fayek. 2013. "Factors Causing Cost Variation for Constructing Wastewater Projects in Egypt." *Alexandria Engineering Journal* 52 (1): 51–66. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2012.11.004>.
- Couto, João Pedro, and José Manuel Cardoso Teixeira. 2005. "As Consequências Do Incumprimento Dos Prazos Para a Competitividade Da Indústria de Construção – Razões Para Os Atrasos." 3ª Conferência ENGENHARIA 2005, 1–6.
- Dias, Luís Alves, Nuno Marques de Almeida, Vítor Faria e Sousa, and Carlos Oliveira Cruz. 2018. "OGO - Elementos de Apoio - Fev2018.Pdf."
- Flyvbjerg, Bent, Atif Ansar, Alexander Budzier, Søren Buhl, Chantal Cantarelli, Massimo Garbuio, Carsten Glenting, et al. 2018. "Five Things You Should Know about Cost Overrun." *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.07.013>.

- Frimpong, Yaw, Jacob Oluwoye, and Lynn Crawford. 2003. "Causes of Delay and Cost Overruns in Construction of Groundwater Projects in a Developing Countries; Ghana as a Case Study." *International Journal of Project Management* 21 (5): 321–26. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00055-8).
- Herrera, Rodrigo F., Omar Sánchez, Karen Castañeda, and Hernán Porras. 2020. "Cost Overrun Causative Factors in Road Infrastructure Projects: A Frequency and Importance Analysis." *Applied Sciences (Switzerland)* 10 (16). <https://doi.org/10.3390/app10165506>.
- Hughes, Will. 2007. *CME 25 Conference Construction Management and Economics. Proceedings of the Inaugural Construction Management and Economics 'Past, Present and Future' Conference*. Vol. 1.
- Hwang, Bon Gang, Xianbo Zhao, and Si Yi Ng. 2013. "Identifying the Critical Factors Affecting Schedule Performance of Public Housing Projects." *Habitat International* 38: 214–21. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.06.008>.
- Kaliba, Chabota, Mundia Muya, and Kanyuka Mumba. 2009. "Cost Escalation and Schedule Delays in Road Construction Projects in Zambia." *International Journal of Project Management* 27 (5): 522–31. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.07.003>.
- Kenny, Wong, and Vimonsatit Vanissorn. 2012. "A Study of the Factors Affecting Construction Time in Western Australia." *Scientific Research and Essays* 7 (40): 3390–98.
- Ling, Florence Yean Yng, Sui Pheng Low, Shou Qing Wang, and Hwee Hua Lim. 2009. "Key Project Management Practices Affecting Singaporean Firms' Project Performance in China." *International Journal of Project Management* 27 (1): 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.10.004>.
- Memon, Aftab Hameed, Ismail Abdul Rahman, and Ade Asmi Abdul Azis. 2012. "Time and Cost Performance in Construction Projects in Southern and Central Regions of Peninsular Malaysia." *International Journal of Advances in Applied Sciences* 1 (1): 52–57. <https://doi.org/10.11591/ijaas.v1i1.537>.
- Niazi, Ghulam Abbas, and Noel Painting. 2017. "Significant Factors Causing Cost Overruns in the Construction Industry in Afghanistan." In *Procedia Engineering*, 182:510–17. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.145>.
- Nogueira Barboza Filho, Francisco Ueliton, Marly Monteiro De Carvalho, and Alberto Wunderler Ramos. 2009. "Gerenciamento de Projetos: O Impacto Do Uso Dos Indicadores de Desempenho No Resultado Do Projeto." *Produto & Produção* 10 (1): 38–53. <https://doi.org/10.22456/1983-8026.7786>.
- Odeh, A. M., and H. T. Battaineh. 2001. "Causes of Construction Delay: Traditional Contracts." *International Journal of Project Management* 20 (1): 67–73. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(00\)00037-5](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(00)00037-5).

Pires, Brígida, José Cardoso Teixeira, and Hélder Moura. 2007. "Management Functions and Competitiveness in the Portuguese Construction Industry." CME 25 Conference: Construction Management and Economics.

PMBOK Guide, Project Management Institute. 2013. *A Guide to The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guide)*. Vol. 5.

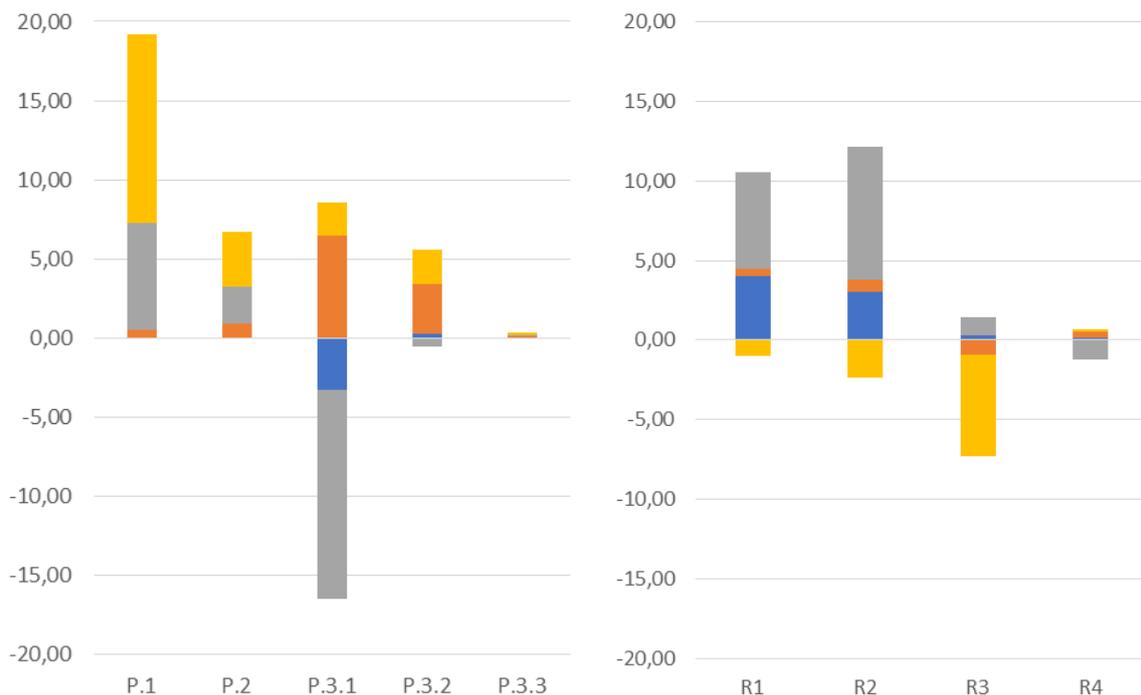
Ribeiro, Cândido. 2019. *Organização e Gestão de Obras - Otimizar Resultados - 2.ª Edição*.

Sweis, G., R. Sweis, A. Abu Hammad, and A. Shboul. 2008. "Delays in Construction Projects: The Case of Jordan." *International Journal of Project Management*.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.09.009>.

DOCUMENTOS NORMATIVOS

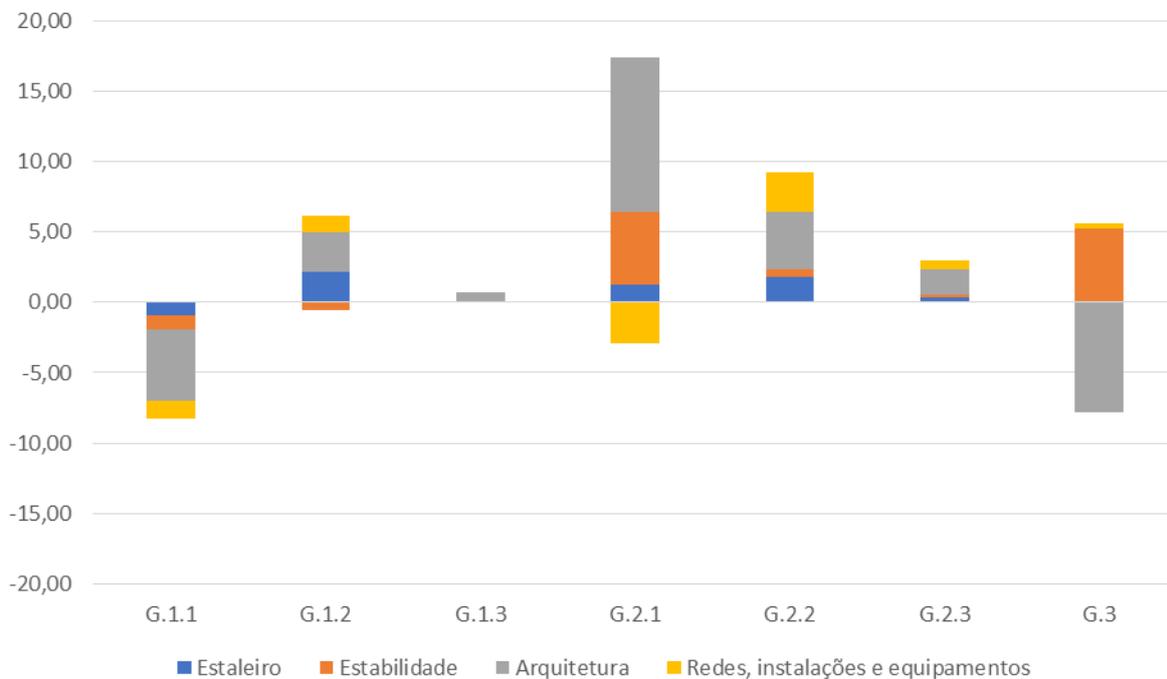
ISO 10006:2003. Quality management systems: Guidelines for quality management in projects.
International Organization for Standardization (ISO), 2003.

A ANEXO I



(a)

(b)



(c)

Figura 24: Desvios das categorias na parcela reorçamentação, sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia reabilitação e (c) tipologia grande.

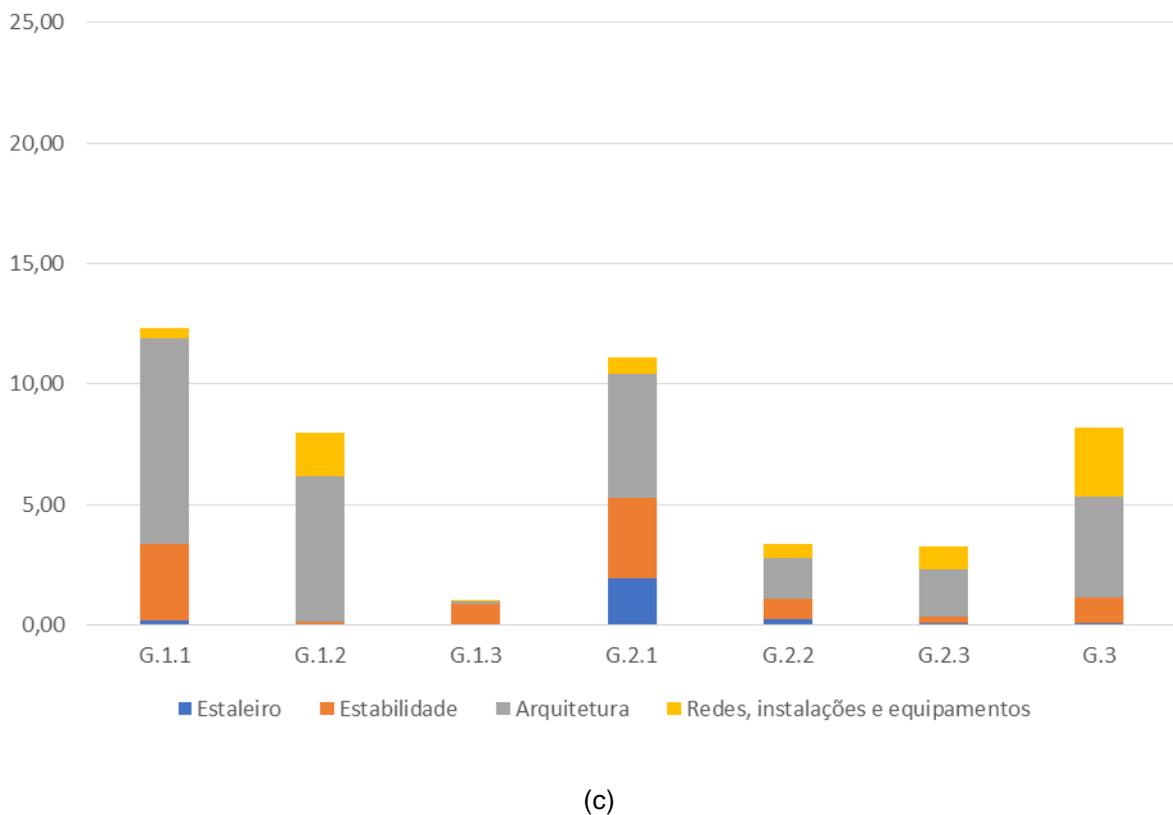
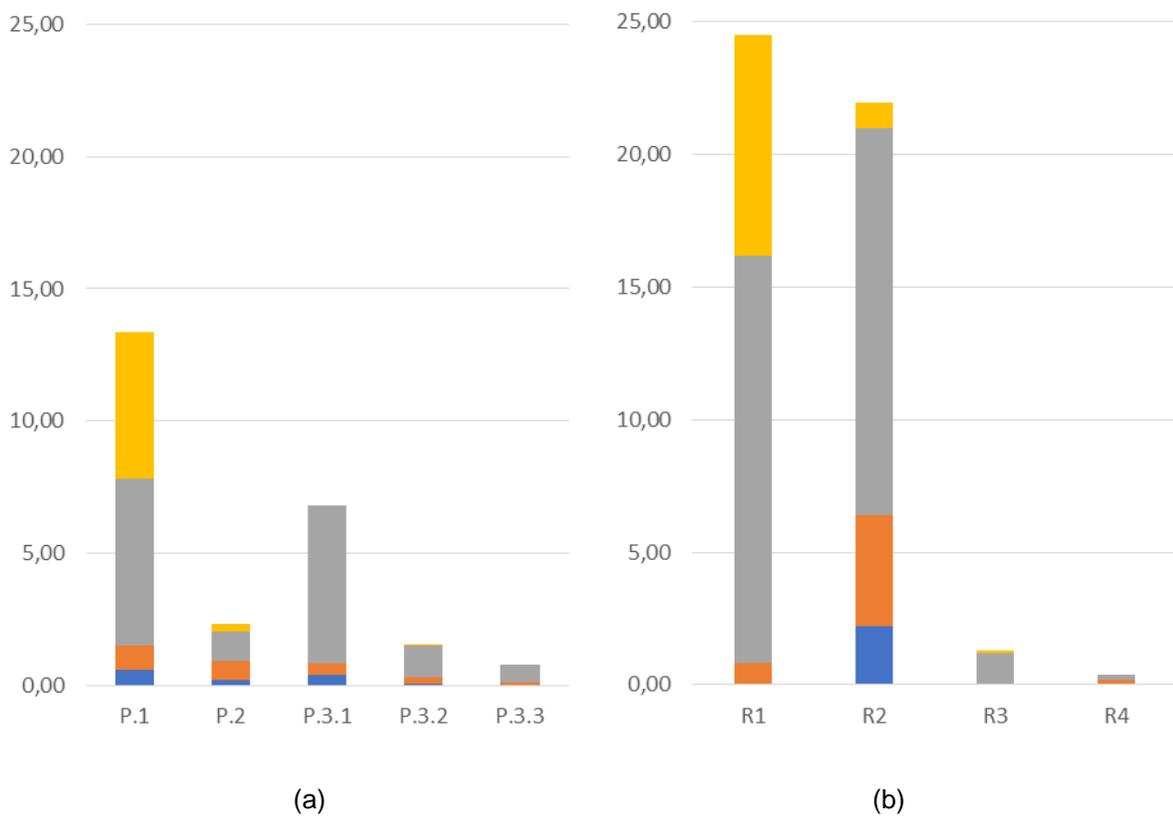
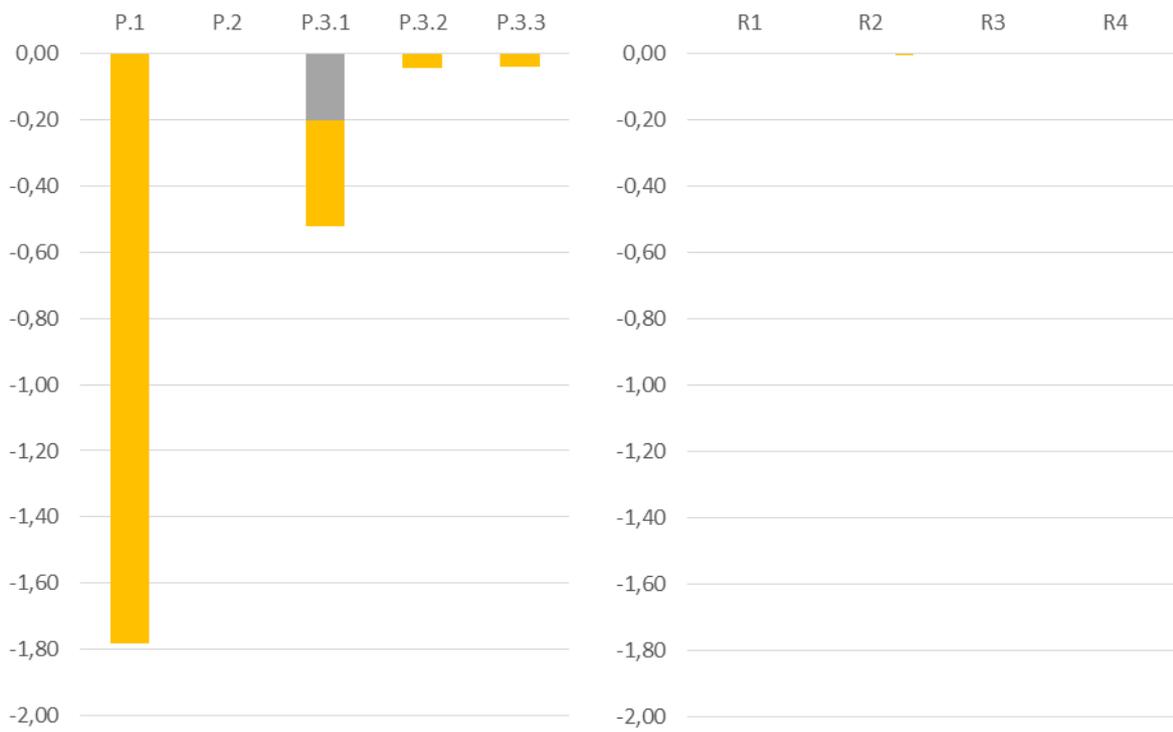
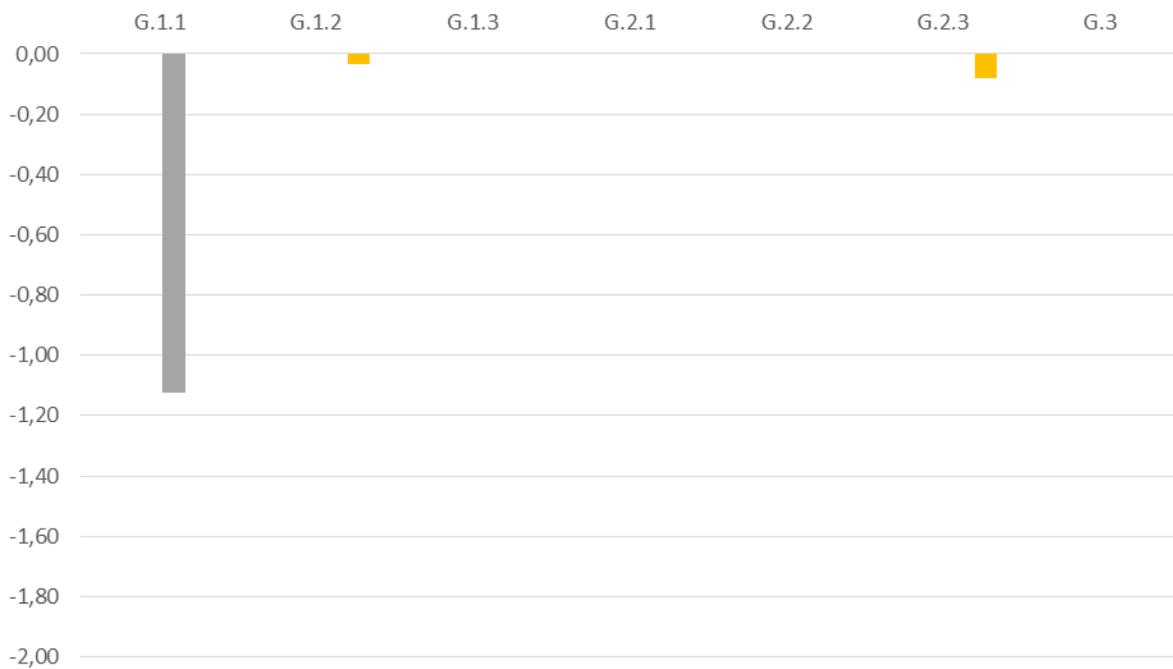


Figura 25: Desvios das categorias na parcela trabalhos a mais, sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia reabilitação e (c) tipologia grande.



(a)

(b)



■ Estaleiro ■ Estabilidade ■ Arquitetura ■ Redes, instalações e equipamentos

(c)

Figura 26: Desvios das categorias na parcela trabalhos a menos, sendo (a) tipologia pequena, (b) tipologia grande e (c) tipologia reabilitação.

B ANEXO II

Tabela 20: Descritivo das variáveis dependentes.

Variável	Tipologia	Estadística	Erro
valor por área equivalente normalizada	Média	1,046	0,029
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior Limite superior	0,974 1,118
	5% da média aparada	1,045	
	Mediana	1,036	
	Variância	0,006	
	Erro Desvio	0,078	
	Mínimo	0,958	
	Máximo	1,148	
	Intervalo	0,190	
	Amplitude interquartil	0,186	
	Assimetria	0,417	0,794
	Curtose	-1,246	1,587
	Média	0,984	0,022
	95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior Limite superior	0,922 1,046
	5% da média aparada	0,981	
	Mediana	0,961	
	Variância	0,002	
	Erro Desvio	0,050	
	Mínimo	0,955	
	Máximo	1,072	
	Intervalo	0,117	
	Amplitude interquartil	0,069	
Assimetria	2,075	0,913	
Curtose	4,360	2,000	
Média	0,940	0,024	
95% Intervalo de Confiança para Média	0,864		
5% da média aparada	1,016		
Mediana	0,942		
Variância	0,961		
Erro Desvio	0,002		
Mínimo	0,048		
Máximo	0,869		
Intervalo	0,968		
Amplitude interquartil	0,099		
Assimetria	0,076		
Curtose	-1,958	1,014	
	3,856	2,619	

Variável	Tipologia		Estatística	Erro Erro				
valor por área bruta normalizada	Grande	Média		1,117	0,045			
		95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	1,008				
			Limite superior	1,227				
		5% da média aparada		1,118				
		Mediana		1,115				
		Variância		0,014				
		Erro Desvio		0,118				
		Mínimo		0,939				
		Máximo		1,283				
		Intervalo		0,344				
		Amplitude interquartil		0,186				
		Assimetria		-0,207		0,794		
		Curtose		-0,693		1,587		
		Pequena	Pequena	Média			0,894	0,030
				95% Intervalo de Confiança para Média			0,810	
	0,979							
5% da média aparada				0,898				
Mediana				0,923				
Variância				0,005				
Erro Desvio				0,068				
Mínimo				0,773				
Máximo				0,936				
Intervalo				0,163				
Amplitude interquartil				0,087				
Assimetria				-2,160	0,913			
Curtose				4,735	2,000			
Reabilitação	Reabilitação			Média		0,927	0,052	
				95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	0,761		
		Limite superior	1,093					
		5% da média aparada		0,925				
		Mediana		0,905				
		Variância		0,011				
		Erro Desvio		0,105				
		Mínimo		0,826				
		Máximo		1,072				
		Intervalo		0,246				
		Amplitude interquartil		0,193				
		Assimetria		1,155	1,014			
		Curtose		1,807	2,619			

Variável	Tipologia		Estatística	Erro Erro			
Desvio normalizado	Grande	Média		0,894	0,287		
		95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	0,192			
			Limite superior	1,595			
		5% da média aparada		0,854			
		Mediana		0,567			
		Variância		0,576			
		Erro Desvio		0,759			
		Mínimo		0,153			
		Máximo		2,343			
		Intervalo		2,191			
		Amplitude interquartil		0,967			
		Assimetria		1,266	0,794		
		Curtose		1,524	1,587		
		Pequena	Pequena	Média		0,834	0,521
				95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	-0,612	
					Limite superior	2,281	
				5% da média aparada		0,780	
				Mediana		0,593	
				Variância		1,357	
Erro Desvio				1,165			
Mínimo				-0,153			
Máximo				2,799			
Intervalo				2,952			
Amplitude interquartil				1,839			
Assimetria				1,640	0,913		
Curtose				2,961	2,000		
Reabilitação	Reabilitação			Média		1,393	0,933
				95% Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	-1,576	
					Limite superior	4,363	
				5% da média aparada		1,399	
				Mediana		1,443	
				Variância		3,483	
		Erro Desvio		1,866			
		Mínimo		-0,418			
		Máximo		3,106			
		Intervalo		3,525			
		Amplitude interquartil		3,371			
		Assimetria		-0,030	1,014		
		Curtose		-5,702	2,619		