



Sérgio Daniel Freitas Rosa
Licenciado

Avaliação de custos do colapso de um edifício

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil

Orientador: Luís Canhoto Neves, Professor Auxiliar,
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de
Lisboa

Júri:

Presidente: Professor Doutor António Manuel Pinho Ramos
Arguente: Professor Doutor Miguel José das Neves Pires Amado
Vogal: Professor Doutor Luís Canhoto Neves

“Copyright” Sérgio Daniel Freitas Rosa, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográfico, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

A elaboração desta dissertação de mestrado contou com a colaboração de pessoas e empresas que gostaria de referir e agradecer.

Em primeiro lugar agradeço à Eng.^a Victoria Janssens pela disponibilidade e solicitação de informações preciosas que tornaram possível este trabalho. Agradeço igualmente à empresa INTEMAC, pela colaboração demonstrada em fornecer documentos que ajudaram no desenvolvimento deste estudo de investigação.

Em segundo lugar agradeço ao meu orientador Professor Doutor Luís Canhoto Neves pela disponibilidade e dedicação demonstrada, assim como aos meus colegas e amigos pela discussão de ideias e sugestões.

Finalmente agradeço à minha família, pelo apoio, motivação e força com que sempre me acompanharam e a todos aqueles que me ajudaram directa e indirectamente na elaboração deste trabalho de investigação e que foram fundamentais para ultrapassar as contrariedades e dificuldades que encontrei ao longo deste estudo.

Resumo

A avaliação de custos de um colapso de um edifício é importante na medida em que permite analisar as consequências de uma forma mais detalhada, de modo a que se faça uma análise custo – benefício mais adequada.

Para isso é preciso ter bem presente o risco associado à engenharia civil, cuja gestão deve ser eficaz de maneira a que se apliquem recursos de segurança adequados ao tipo de estrutura.

Os custos podem ser de diversas categorias nomeadamente custos humanos, directos e ambientais e político-sociais, e estes são ainda detalhados em diversas parcelas cujas podem ser determinadas com base em abordagens de diferentes naturezas que podem permitir chegar a valores de prejuízos válidos e realistas.

Para se avaliar o custo de um colapso de um edifício é necessário ter acesso a diversos dados o que por vezes se torna difícil, visto que, existem parcelas de custos de grande complexidade, pois podem ser, por exemplo, de cariz económico e ambiental e que torna difícil a sua avaliação pois são necessárias equipas especializadas nas diversas áreas.

Termos chave: risco, consequência, custo, acidente, prejuízo

Abstract

The evaluation of costs of a collapse of a building is important in so far as it allows to analyze the consequences of the most detailed form, of way to which an analysis of cost-benefit is done more appropriate.

For that is necessary to have quite present the risk associated to the civil engineering, which management must be efficient in a way of what there are applied resources of security appropriate to the type of structure.

The costs can be of several categories namely human, direct, environmental and social-political and these are also detailed in several pieces which can be determined on basis of approaches of different natures that they can allow to reach valid and realistic damages values.

To evaluate the cost of a collapse of a building is necessary to have access to several data and sometimes it becomes difficult because there are pieces of costs of great complexity because they can be, for example, of economical and environmental nature what it makes difficult his evaluation given that specialized teams are necessary in several areas.

Key Words: risk, consequence, cost, accident, damage

Índice de conteúdos

CAPITULO 1: INTRODUÇÃO	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Objectivos.....	1
1.3 Organização da dissertação.....	2
CAPITULO 2: ANÁLISE DE CUSTOS DE FALHAS ESTRUTURAIS	3
2.1 Introdução	3
2.2 Importância da avaliação de custos	3
2.3 Enquadramento da noção de risco estrutural.....	6
2.4 Parcelas que devem ser consideradas na análise de custos	7
CAPITULO 3: CUSTOS HUMANOS	11
3.1 Introdução	11
3.2 Evolução de metodologias de cálculo de custos	11
3.3 Metodologias baseadas em perda de produção.....	13
3.4 Metodologias baseadas em valores de compensação.....	14
3.4.1 Pensões e indemnizações a pagar aos parentes da vítima mortal	14
3.4.2 Pensões e indemnizações a pagar devido a acidentes de trabalho	16
3.4.3 Indemnizações por danos morais.....	19
3.5 Metodologias baseadas em preferências pessoais.....	23
3.6 Comparação das várias metodologias.....	25
3.7 Conclusões.....	25
CAPITULO 4: CUSTOS DIRECTOS	27
4.1 Introdução	27
4.2 Custos de salvamento	27
4.2.1 Custos de internamento.....	28
4.2.2 Avaliação de custos segundo o tipo de lesão e segundo a região do corpo afectada	28
4.3 Custos de limpeza.....	29
4.4 Custos de gestão de tráfego.....	31

4.5 Custos de perda de reputação	34
4.6 Custo de perda de funcionalidade	35
4.7 Custos de deslocalização temporária	37
4.8 Custos de Reparação da estrutura e conteúdos	37
4.9 Custos de Substituição da estrutura e conteúdos.....	38
4.10 Custos referentes à alteração do valor das acções	39
4.11 Efeitos económicos regionais.....	40
4.12 Custos de investigação	40
4.13 Conclusões.....	41
CAPITULO 5: CUSTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E POLÍTICOS	43
5.1 Introdução	43
5.2 Custos referentes a emissão de CO ₂ e consumo de energia.....	44
5.3 Custos de transporte e de Combustível	46
5.4 Custos referentes a Lançamentos tóxicos.....	46
5.5 Custos políticos.....	47
5.6 Conclusões.....	47
CAPITULO 6: AVALIAÇÃO DE CUSTO DO INCÊNDIO DA TORRE WINDSOR	49
6.1 Introdução	49
6.2 Descrição do edifício	49
6.2.1 Localização e Ocupação.....	49
6.2.2 Enquadramento histórico.....	50
6.2.3 Solução estrutural	50
6.3 O acidente	51
6.3.1 O incêndio	53
6.3.2 Mecanismo de colapso.....	55
6.3.3 A demolição.....	56
6.3.4 As causas do acidente	58
6.4 Avaliação das consequências do acidente	58
6.4.1 Custos humanos	59
6.4.2 Custos económicos.....	59

6.4.3 Custos sociais, ambientais e políticos	64
6.4.4 Custos totais	65
CAPITULO 7: CONCLUSÕES.....	67
BIBLIOGRAFIA	69

Índice de Quadros

Quadro 2. 1:Classes de consequências segundo os eurocodigos.....	5
Quadro 3. 1:Valores de pensão a auferir pelo conjugue e filhos.....	15
Quadro 3. 2:Valores de pensão a auferir pelos filhos se ficarem órfãos de pai e mãe	15
Quadro 3. 3:Valores de pensão a auferir por outros parentes.....	16
Quadro 3. 4: Valores de indemnização a auferir pela vítima	17
Quadro 3. 5: Tabela Nacional para a Avaliação de Incapacidades Permanentes	18
Quadro 3. 6:Intervalos de valores para as situações económicas da vítima e do culpado.....	20
Quadro 3. 7: Intervalos de valores para a magnitude do dano e para o quociente de entendimento do culpado	20
Quadro 3. 8: Variáveis que compõem a expressão do dano moral	21
Quadro 3. 9: Compensações devidas em caso de morte a título de danos morais a herdeiros	22
Quadro 4.1:Custo associado à lesão por região do corpo.....	28
Quadro 4.2: Custo para cada tipo de lesão	29
Quadro 4. 3:Custos unitários médios de demolição para cada grupo de função da construção	30
Quadro 4. 4:Custo unitário médio de demolição e respectivos custos parciais.....	30
Quadro 4. 5:Custo unitário médio de encaminhamento de resíduos e respectivos custos parciais	30
Quadro 4. 6:Valores médios de deslocação utilizados na União Europeia	32
Quadro 4. 7:Custo diário gasto em gestão do tráfego	32
Quadro 4. 8:Custo do atraso por dia dos utilizadores para diferentes níveis de TMDA	34
Quadro 4. 9:Exemplos de custos de substituição	39
Quadro 4. 10:Natureza dos custos directos	41
Quadro 5. 1: Teor de carbono de alguns materiais típicos da construção civil	45
Quadro 5. 2:Emissões de CO ₂ para diferentes tipos de veículos	46
Quadro 6.1: Quadro resumo dos custos humanos	59
Quadro 6.2: Quadro resumo dos custos económicos.....	64

Quadro 6. 3: Custos globais 65

Índice de figuras

Figura 5. 1:Inundações provocadas pelo furacão Katrina	43
Figura 5. 2:Contaminação do mar provocado pelo derrame do óleo no golfo do México	44
Figura 6. 1:Solução estrutural da Torre Windsor	51
Figura 6. 2: Torre Windsor antes do incêndio	52
Figura 6.3:Torre Windsor após o incêndio.....	53
Figura 6.4: Torre Windsor a ser totalmente consumida pelas chamas	54
Figura 6.5:Colocação de estrutura de aço no subsolo para suportar a carga de um guindaste ao nível do solo	57
Figura 6.6:Ausência de spandlers na fachada do edifício	58

LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS E SÍMBOLOS

Sigla	Significado
At	Atenuante
AZCA	Asociación Mixta de Compensación de la Manzana
BBVA	Banco Bilbao Vizcaya Argentaria
CC1	Classe de consequência 1
CC2	Classe de consequência 2
CC3	Classe de consequência 3
cf	Taxa média de atraso por carregamento por hora
CO ₂	Dióxido de carbono
cv	Taxa média de atraso por pessoa por hora
d	Número de dias
EDS	Electronic Data Systems
FEMA	Agência Federal de Emergência Norte-Americana
H	Tempo de horizonte
i	Intensidade
Ii	Custo inicial
INTEMAC	Instituto Tecnico de Materiales y Construcciones
IPA	Incapacidade Permanente Absoluta
L	Tempo de vida útil
LQI	Índice de Qualidade de Vida
MD	Magnitude do dano
N	Número de habitantes
n	Natureza específica

NIFES	National Industrial Fuel Efficiency Limited
pa	Pratica anterior
PIB	Produto Interno Bruto
Q (r)	Quociente de entendimento do culpado
r	Taxa de desconto
r	Repercussão
RMM	Remuneração Mínima Mensal
Se	Situação económica do culpado
SE (r)	Situação económica do culpado
SE (v)	Situação da vítima
SWTP	Societal willingness to pay
t	Tempo
TMDA	Tráfego Médio Diário Anual
Vf	Percentagem do tráfego pesado
VI	Valor da indemnização
Vof	Factor de ocupação
Vr	Valor de referência
vv	Percentagem de tráfego de veículos de passageiros

Capítulo 1: Introdução

1.1 Generalidades

No contexto contemporâneo, em que a segurança em estruturas de engenharia civil ganha uma dimensão significativa, é muito importante analisar a sua implementação de modo a que se diminuam as consequências de acidentes de diversa natureza.

As consequências da falha estrutural variam significativamente de estrutura para estrutura e dependem do tipo de estrutura (edifício, ponte, túnel, barragem etc.), dos materiais utilizados, do método de construção, da idade, da utilização, da ocupação, da localização e também do âmbito das consequências consideradas.

As consequências podem resultar em custos directos e em custos indirectos. Segundo Campelo (2004) os custos directos são custos que são associados a acidentes bem determinados e que tenham uma relação causa - efeito bem definida. Os custos indirectos são custos em que a relação causa - efeito não está bem definida e que estão também associados a gastos com acidentes mas cuja imputação não é definida directamente (Afonso, 2004).

Apesar de probabilidade de colapso de uma estrutura ser reduzida, as consequências podem ser desastrosas. A sociedade dificilmente tolera colapsos estruturais.

É nesta premissa que assenta o fundamento deste trabalho.

1.2 Objectivos

A presente dissertação tem como objectivo avaliar e contabilizar em termos monetários as consequências que uma falha estrutural pode causar, assim como analisar e abordar as várias metodologias de cálculo dos variados custos de modo a elucidar para o facto do peso que cada custo tem na contabilidade total do prejuízo.

O presente estudo pretende contribuir para que, uma vez apurada a importância de todos os custos seja dada a importância devida a todas as parcelas de custos de modo a que as tomadas de decisões em engenharia civil sejam as mais adequadas.

Como caso de estudo irão abordar-se as consequências do incêndio na Torre Windsor que ocorreu em Fevereiro de 2005 em Madrid.

1.3 Organização da dissertação

A presente dissertação está organizada em três partes, a primeira é composta pelo capítulo 2 que descreve a análise de custos de falhas estruturais, e que refere a importância da avaliação de custos, assim como é abordado o risco estrutural e como lidar com ele na engenharia civil. São ainda descritos exemplos de casos de estudo de diferentes autores que avaliaram os custos de acidentes com estruturas.

A segunda parte é composta pelos capítulos 3, 4 e 5 que se referem às várias categorias de custos e à sua avaliação. Os grupos de custos considerados são custos humanos, custos directos, custos ambientais, políticos e sociais.

A terceira parte é composta pelo capítulo 6 em que é abordado o caso de estudo, o incêndio da Torre Windsor, assim como o apuramento dos custos associados ao seu colapso. É apresentado em primeiro lugar o seu tipo de utilização, as soluções estruturais e depois descrever-se-á o acidente e o respectivo mecanismo de colapso.

Por fim, irão ser apresentadas conclusões referentes às consequências que um acidente desta natureza pode causar e com base na contabilização de todos os custos envolvidos, discute-se a ordem de grandeza destes custos e a sua importância para as decisões a tomar em engenharia civil.

Capítulo 2: Análise de custos de falhas estruturais

2.1 Introdução

Neste capítulo irá efectuar-se uma abordagem inicial à análise de custos de falhas estruturais, mostrando a importância desta avaliação na análise custo – benefício e consequentemente na tomada de decisão no projecto de infra-estruturas de engenharia civil.

Irá também fazer-se referência ao risco estrutural demonstrando que este se enquadra na análise das eventuais consequências e que não pode ser desprezado.

Por fim irá analisar-se as parcelas de custos a serem consideradas segundo diversos autores, no custo de uma falha estrutural.

2.2 Importância da avaliação de custos

O custo total de uma obra de engenharia civil não é só o custo inicial de construção, é composto por duas parcelas. A primeira é o custo de construção e a segunda é o risco. O risco como se verá mais á frente com pormenor é o produto entre a probabilidade de falha e o custo de falha.

É neste custo de falha que é focado este estudo. O custo de falha está directamente relacionado com o risco e é com base no risco que se poderá fazer uma análise custo – benefício. Após feita a análise custo - benefício são tomadas decisões relacionadas com as medidas de segurança.

É deste modo que a elaboração de uma avaliação de custos é necessária e importante de modo a que se tenha noção dos prejuízos que se pode ter aquando da ocorrência de um acidente. É relevante apurar todos os prejuízos possíveis de modo a que se faça uma análise de custo – benefício rigorosa e precisa.

Em primeiro lugar é de salientar que é importante que se tenha bem presente o conhecimento dos perigos a que o ser humano está sujeito, sejam eles naturais, ou provocados pela acção do Homem. Esses perigos que ameaçam o ser humano podem ter consequências catastróficas dependentes da menor ou maior gravidade do acidente.

Os desastres naturais que podem ocorrer e danificar estruturas são os sismos, maremotos, furacões, inundações, deslizamentos de terras, actividades vulcânicas. Estes fenómenos naturais além

de terem impacto nas estruturas de engenharia civil causam prejuízos humanos, ou seja, estes prejuízos reflectem-se em custos associados a perdas de vidas humanas e em ferimentos.

Os desastres que não são naturais, isto é, que não são fenómenos da natureza, são acções provocadas pelo Homem, podem causar danos estruturais devido a colisões e explosões, incêndios e desastres nucleares.

Após se ter consciência das acções que podem ocorrer na estrutura é preciso que se tenha noção dos danos que essas acções podem provocar, a estrutura pode comportar-se de forma imprevisível a uma determinada acção, logo é preciso também ter bem presente da gravidade da falha estrutural e das consequências que daí advêm.

O comportamento estrutural depende de um vasto conjunto de factores que incluem, entre outros, as propriedades dos materiais utilizados, a geometria da estrutura e as acções a que a estrutura pode estar sujeita durante a sua vida, como já referido atrás.

Todos estes parâmetros estão associados a grande incerteza, tornando a tarefa do Engenheiro Civil particularmente difícil (Neves e Barbosa, 2011).

Após se terem bem presentes todas as ocorrências negativas que poderão causar prejuízos, é necessário acautelá-las. Uma vez que é difícil evitar totalmente os acidentes, é necessário prevenir de modo a que as consequências sejam as mínimas possíveis, sendo necessário para isso a utilização de um investimento inicial em segurança mas essencialmente a existência de uma metodologia capaz e um processo de estruturação eficaz de segurança de modo a que os prejuízos sejam diminuídos.

No entanto a alocação dos recursos da sociedade dedicada à segurança deve ser continuamente apreciada em função de outras necessidades (Pandey e Nathwani, 2004).

É neste aspecto que é importante apurar os custos das consequências que os acidentes de diferente natureza podem causar.

Ao se apurarem os custos associados às consequências dos acidentes poderá fazer-se uma análise custo – benefício mais rigorosa, ou seja, os custos da prevenção, terão que ser compensados pelos benefícios que se terão ao se terem evitado consequências negativas.

É no cálculo deste benefício que entram os custos de falhas estruturais, ou seja, se for avaliado correctamente por exemplo o custo de uma vida humana, o benefício de se ter salvado uma vida humana será mais exacto, e o investimento feito na prevenção da segurança será o mais adequado.

Uma vez apurados correctamente todos os custos relacionados com falhas estruturais, é necessário tomar decisões com base nesses valores. A tomada de decisão referente à segurança estrutural é baseada em regulamentos e códigos elaborados por engenheiros, que são dimensionadas de acordo com as consequências de falha, cuja utilização é aceite por grande parte dos projectistas.

No Quadro 2.1 são definidas as classes de consequências que os Eurocódigos estabelecem.

Quadro 2. 1:Classes de consequências segundo os eurocodigos

Classe de consequências	Descrição	Exemplos de edifícios e de obras de engenharia civil
CC3	Consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais muito importantes	Bancadas, edifícios públicos em que as consequências do colapso são elevadas (por exemplo, uma sala de concertos)
CC2	Consequência média em termos de perda de vidas humanas; consequências económicas, sociais ou ambientais mediamente importantes	Edifícios de habitação e de escritórios, edifícios públicos em que as consequências do colapso são médias (por exemplo, um edifício de escritórios)
CC1	Consequência baixa em termos de perda de vidas humanas; e consequências económicas, sociais ou ambientais pouco importantes ou desprezáveis	Edifícios agrícolas normalmente não ocupados permanentemente por pessoas (por exemplo, armazéns), estufas

Os Eurocódigos estabelecem regras técnicas que asseguram a segurança de uma estrutura, indicando coeficientes de segurança dependentes do tipo de estrutura e das consequências que podem ocorrer em caso de rotura.

Contudo, se isto fosse verdade não seria necessária nenhuma tomada de decisão sobre o grau de segurança no projecto estrutural (Kanda e Shah, 1997).

Realizar uma avaliação de custos de falhas estruturais reveste-se de grande importância devido ao facto de permitir haver uma maior facilidade de se elaborar uma análise de custo – benefício e que sejam tomadas decisões com bases em valores fidedignos de modo a que se encontre um valor óptimo para se investir na segurança.

A principal dificuldade prende-se com a definição de custo de falha, já que é necessário contabilizar perdas de vidas humanas, custos de reconstrução e custos sociais e políticos (Neves e Barbosa, 2011).

2.3 Enquadramento da noção de risco estrutural

Apesar de os seres humanos não terem controlo sobre os acidentes, é possível avaliar e medir a sua ocorrência através de dados estatísticos, é através destes dados que se pode determinar a probabilidade de ocorrência dos acidentes, tanto os naturais, como os de acção humana. É com base na frequência dos acontecimentos que se pode determinar a probabilidade e a possibilidade de esses acontecimentos existirem.

É com base na probabilidade de ocorrência e no custo das consequências que se determina o risco. O risco é um indicador determinante para se tomar decisões relacionadas com a segurança.

Uma vez apurado o custo das consequências prováveis que um acidente pode causar, e ao relaciona-lo com a probabilidade que o acidente tem de ocorrer, resulta o risco, ou seja, o risco é o produto entre o custo e a probabilidade.

É com base no risco que se toma decisões referentes a medidas de segurança.

A expressão em baixo exprime o que foi referido.

$$\text{Risco} = \text{Probabilidade} \times \text{Custo} \quad (2.1)$$

A análise do risco depende da probabilidade da ocorrência e do custo associado ao acidente em causa, como já foi referido atrás.

A engenharia estrutural tem de lidar com a ocorrência de acidentes, por isso os projectistas têm que ter como base na sua decisão o conhecimento da probabilidade da ocorrência desses desastres e serem bastante cautelosos na avaliação de custos na pior situação que ocorra (Kanda e Shah, 1997).

A probabilidade de falha é relativamente simples de calcular, no entanto a parcela do custo é bastante mais complexa devido à dificuldade em avaliar o custo de perda de vidas e de impactos sociais e políticos (Silva, 2010).

Para além da determinação da probabilidade do evento, também é necessário existir uma determinação correcta dos custos se esse evento acontecer.

Assim com estes dois factores determinados é possível obter o risco a determinado evento, e com base no risco apurado as tomadas de decisões para fins de segurança é mais adequado e correcto.

Qualquer actividade humana envolve risco, e a construção não é excepção, assim os engenheiros que têm o poder de decisão têm de aceitar que não existe risco zero e que a segurança absoluta não existe, porém têm que manter o risco associado a uma estrutura a níveis aceitáveis.

Avaliar o grau de exposição a que uma estrutura está sujeita, é uma tarefa complexa mas de grande relevância. A noção de risco estrutural presente é de extrema importância visto que permite dar acesso a dados e/ou consequências que possam condicionar a construção.

Segundo Neves e Barbosa (2011) não se pode esquecer que a sociedade considera uma estrutura como algo intrinsecamente segura, e consideram que o risco deve ser muito baixo, e apenas comparável com outras actividades igualmente seguras.

Após se ter bem presente a noção de risco estrutural, é necessário elaborar uma avaliação de risco quantificando-o, e avaliar as consequências que determinada falha pode causar para se poder tomar medidas, equilibrando as limitações económicas e a máxima segurança.

Nos dias de hoje, com a ameaça constante das alterações climáticas e também de ataques terroristas é necessário que o risco seja abordado de uma forma mais presente, tanto ao nível da abordagem da probabilidade de acidentes como ao nível da avaliação de custos.

É necessário equilibrar o custo inicial de construção com o risco, nesta parcela a probabilidade de falha é crucial para se poder tomar decisões mais correctas.

Assim, devemos considerar probabilidades de falha mais baixas, ou seja, margens de segurança maiores, para estruturas cuja falha esteja associada a maiores custos (Neves e Barbosa, 2011).

Segundo Pandey e Nathwani (2004) o risco deve ser gerido de modo a que maximize o benefício esperado para a sociedade. Os riscos podem ser atenuados mas sempre com algum custo, porque as exigências de segurança absoluta, que implicariam risco extremamente baixo, poderiam fazer mais mal do que bem, uma vez que os custos de redução de riscos poderão não ser proporcionais aos benefícios.

Assim é importante avaliar a vida humana visto que este é um aspecto extremamente sensível, uma vez que é preciso evitar qualquer dano humano, mas não a todo o custo pois poderiam estar-se a desviar recursos da sociedade para a segurança de outras áreas onde eles também são precisos por exemplo a saúde e educação.

Um dos papéis mais importante do engenheiro é entender o perigo potencialmente associado a uma determinada actividade e apreciar os riscos correspondentes. Isto significa que o engenheiro de uma forma informada e consciente deve ser capaz de implementar meios adequados para que o risco seja controlado e reduzido a um nível aceitável (Faber, 2007).

2.4 Parcelas que devem ser consideradas na análise de custos

Nesta secção irá ser analisado o custo com mais pormenor, para isso é necessário dividir o custo em várias parcelas para se obter uma avaliação do custo mais rigorosa.

Assim, após feita a análise da importância da avaliação de custos e a influência que a contabilidade destes pode causar na análise de risco e na tomada de decisão, é descrito de seguida as várias parcelas de custos que diversos autores apuraram para diferentes casos de falhas estruturais.

Para cada caso é necessário fazer a abordagem associada a cada estrutura, pois os custos podem ser de diferente natureza dependendo da gravidade da falha, da utilização da estrutura e do tipo de estrutura.

Para exemplificar a divisão de custos em parcelas irá ser descrito o caso de falhas de condutas de água nos Estados Unidos na América (Perrin, 2004), irão também ser referidos os custos políticos e ambientais do furacão Katrina, analisados por Waugh (2006) e Lehay (2005) respectivamente, e por fim irão ser mencionados os custos associados ao colapso de um viaduto ferroviário na Irlanda que foram analisados por Janssens (2010).

Em primeiro lugar, de acordo com Perrin (2004), que estudou diversos acidentes e falhas em canais de água nos Estados Unidos da América, os custos podem ser divididos nas seguintes parcelas:

- Custos relativos a atrasos dos utentes das vias rodoviárias devido ao colapso de estradas aquando das falhas dos canais;
- Custos relativos a prejuízos de proprietários de terrenos que são assolados por inundações;
- Custos relativos ao valor que as agências governamentais tem que despende para substituir e/ou reparar os canais.

A metodologia utilizada por este autor neste tipo de acidente foi a mais adequada uma vez que as categorias de custos descritas acima referem-se a custos económicos (prejuízos ao nível de indemnizações e da substituição/reparação dos canais) e a custos de gestão de tráfego (atrasos e transtornos causados aos utilizadores das vias rodoviárias que colapsaram).

Neste tipo de estrutura, os custos foram abordados de modo a que adequa-se correctamente, pois no caso de um edifício a abordagem e as parcelas poderiam ser diferentes, uma vez que causariam prejuízos de outras naturezas.

A abordagem utilizada e a divisão de parcelas é utilizada para cada tipo de estrutura diferente, porque os prejuízos são diferentes no caso de pontes, edifícios, túneis ou barragens.

Waugh (2006) avaliou os custos políticos resultantes do furacão Katrina. Devido ao facto de os meios de emergência terem sido mobilizados tardia e ineficazmente pôde causar a revolta nos habitantes e estes eventualmente punirem eleitoralmente os governantes.

Assim este custo representa a perda de votos para com o governo de estado por ter dado uma resposta lenta e desorganizada às vítimas e desalojados.

Ainda sobre esta catástrofe natural, Lehay (2005) avalia o furacão Katrina e afirma que apesar de os danos chegarem a mais de 200 biliões de euros adianta que os efeitos para o ambiente se vão estender por 15 anos.

Nesta catástrofe os custos ambientais representam a destruição de riquezas pesqueiras e a destruição de 1,75 milhões de hectares de florestas. O custo da subsistência de uma mistura tóxica de esgoto, lixo e vazamentos de petróleo também é significativo.

Por fim, o caso de estudo elaborado por Janssens (2010) refere-se ao colapso de um viaduto ferroviário em Dublin, Irlanda.

Esta autora separou os custos por categorias de modo a que se contabiliza-se o total dos prejuízos deste acidente.

Os custos foram separados por categorias e respectivas parcelas:

- Custos humanos:
 - Feridos;
 - Vítimas mortais;
 - Custos psicológicos.

- Custos económicos:
 - Substituição da estrutura e conteúdos;
 - Reparação da estrutura e conteúdos;
 - Perda de funcionalidade;
 - Custos de salvamento;
 - Efeito no valor das acções;
 - Custos de investigação e compensação;
 - Perda de reputação.

- Custos ambientais:
 - Emissões de CO₂;
 - Consumo de energia;
 - Lançamentos tóxicos;
 - Estudos e reparos ambientais;

Os custos humanos representam o valor que se perde quando acontecem danos corporais associados a vítimas mortais, a feridos graves e ligeiros e os danos psicológicos.

A avaliação de uma vida humana pode ser abordada com base em várias metodologias como se verá mais adiante. Os custos de feridos graves e ligeiros representam fundamentalmente a perda de produção nos dias ausentes ao trabalho, assim como, os custos de indemnizações, que está dependente do grau de incapacidade do indivíduo.

Quanto aos custos de danos psicológicos, estes estão associados a prejuízos de carácter traumático que os ocupantes ou os proprietários das estruturas que colapsaram podem sofrer.

Quanto à categoria de custos económicos, estes abarcam parcelas que podem ser de contabilidade mais fácil, tais como as parcelas de substituição e reparação da estrutura e conteúdos, que são valores que representam o custo que se terá em construir novamente a estrutura assim como a reposição dos conteúdos que se perderam.

A perda de funcionalidade representa o total do prejuízo afecto a não haver a ligação de comboio, incluindo o custo associado a um maior percurso realizado pelos passageiros para efectuar a travessia, o custo de reembolso aos passageiros de bilhetes pré comprados e também o prejuízo da empresa ferroviária que ficou afectada por ter de cancelar o serviço daquela linha.

Os custos de salvamento representam os custos associados a todo e qualquer serviço de salvamento, de serviços médicos e tratamento hospitalar.

Se a falha estrutural acontecer num edifício onde se estejam a operar serviços de uma empresa, esta poderá ter prejuízo ao nível das acções, uma vez que os clientes poderão eventualmente perder a confiança nos seus serviços. Assim este custo representa a perda de valor de mercado cotado em bolsa.

Os custos de investigação representam o valor que se terá ser gasto de modo a que se apure as causas do acidente, assim como os custos de revisão das normas de segurança para se impedir novas ocorrências semelhantes.

Os custos de perda de reputação representam no caso de uma empresa a eventual perda de clientes devido ter ocorrido uma falha estrutural, ou seja, poderá haver uma perda de confiança nos serviços da empresa por parte dos clientes.

Neste exemplo a empresa de inspecção e manutenção do viaduto poderá ter custos de reputação, uma vez que não evitou o colapso do viaduto e pode causar falta de confiança no futuro, o que levará a perda de clientes.

Segundo Janssens (2010) os custos ambientais podem ser definidos em quatro parcelas como já enumeradas atrás.

Os custos ambientais representam os custos associados aos danos causados ao ambiente e à sua não preservação.

O aumento de CO₂ deve-se ao facto de em vez de a carga ser transportada normalmente pela linha ferroviária, terão que sair 60 camiões por dia com a carga, aumentando assim os custos de transporte e também os custos de CO₂.

O viaduto passa sobre um estuário e que é uma área de conservação de aves, a execução de uma nova ponte pode prejudicar estes habitats e terão assim custo ambientais associados (Janssens, 2010).

Após a análise destes exemplos pode-se concluir que é muito importante elaborar a separação do custo em varias parcelas uma vez que todos os custos são discriminados e é minimizado o erro da análise global do custo total de falha.

Capítulo 3: Custos humanos

3.1 Introdução

Os custos humanos são custos associados a qualquer tipo de danos corporais e não corporais, que ocorram numa pessoa. Os danos corporais podem ir de um simples ferimento ligeiro ao falecimento, os danos morais e/ou psicológicos que apesar de eventualmente não terem efeitos físicos, poderão causar dor e sofrimento, e uma suposta indemnização não acabará com dor mas é aplicada com o intuito de a atenuar.

A morte é a mais grave consequência humana dos acidentes, uma vez que a vítima fica privada da concretização das suas expectativas de vida, de realização pessoal e profissional, e de usufruir dos benefícios que a sociedade põe à sua disposição (Manual de Sinistralidade de veículos pesados de passageiros, Instituto da Mobilidade dos Transportes Terrestres, 2008).

A morte acarreta sofrimento psicológico e, eventualmente, físico, a todos os que com a vítima conviviam, em especial familiares e amigos.

Para se poder avaliar o custo de vítimas mortais podem ser utilizadas várias metodologias e abordagens para se chegar a um valor razoável, como se descreverá ao longo deste capítulo.

Contudo, o custo das vítimas mortais é frequentemente criticado do ponto de vista ético, já que uma vida não tem valor e é inaceitável assumir que a vida de um indivíduo é mais valiosa que outra (Kanda e Shah, 1997).

Além de vítimas mortais, os acidentes ou falhas estruturais também podem causar feridos tanto graves como ligeiros. Quantificar em termos monetários as consequências dessas lesões é uma tarefa ainda mais difícil uma vez que existe uma grande variedade de lesões que podem resultar do acidente.

É de salientar ainda que no âmbito da engenharia civil, sendo os acidentes raros, há poucos dados fidedignos em termos de perdas humanas.

Neste capítulo irão descrever-se as várias metodologias utilizadas para se avaliarem os custos humanos, estes custos são compostos pelas seguintes parcelas: custos das vítimas mortais, custos dos feridos graves e feridos ligeiros e também custos relativos a danos não patrimoniais, ou seja a danos morais. Irá abordar-se cada parcela com base em várias metodologias propostas na literatura.

3.2 Evolução de metodologias de cálculo de custos

Ao longo das últimas décadas foram-se desenvolvendo metodologias para avaliar o custo que as lesões e/ou as perdas de vidas humanas causariam. Esta avaliação do custo foi-se aperfeiçoando de modo a que houvesse uma maior compatibilidade entre o risco e o investimento feito em segurança.

Várias metodologias de custos serão abordadas neste estudo para se obter uma perspectiva mais lata da ordem de valor que se pode obter.

As metodologias de avaliação de custos foram evoluindo ao longo do tempo, assim como de país para país a abordagem de cálculo é diferente.

Uma das áreas em que houve um maior investimento na avaliação dos custos devido a perdas humanas foi a sinistralidade automóvel.

Com efeito, os acidentes de automóvel são muito frequentes e também por sua vez as consequências também podem ser muito gravosas, logo estão associadas a um risco elevado.

A importância das metodologias de custos dos acidentes de viação resulta do seu impacto na análise custo – benefício da aplicação de medidas de segurança, como já referido anteriormente.

Segundo Elvik (1995), as primeiras estimativas de um custo de um acidente rodoviário foram feitas em 1950 nos Estados Unidos da América e Grã-Bretanha, e esta avaliação era baseada na abordagem do capital humano, ou seja, na perda de valor do rendimento líquido, subtraindo a este as perspectivas futuras de consumo da vítima.

Durante a década de 1960 a abordagem com base em perda de produção líquida foi abandonada em favor da perda de produção bruta, onde o consumo da vítima já não era contabilizado.

Durante a década de 1970 até ao final da década de 1980 um valor referente à dor e sofrimento foi adicionado ao valor de perda de produção bruta, ou seja, esta parcela era inerente à perda de qualidade de vida.

Por volta de 1970 a abordagem do capital humano, ou seja, perda de produção, foi criticada por vários economistas cujos achavam que esta metodologia era incompatível com os princípios teóricos da análise custo - benefício. Os economistas argumentaram que a avaliação económica de acidentes de viação deveria ser baseada no valor em que os automobilistas estariam dispostos a pagar de modo a diminuir o risco de acidente. Esta abordagem é aceite pela maioria dos economistas que trabalham nesta área (Elvik, 1995). Assim, a partir dos anos 1980 um número significativo de países tem adoptado estimativas de custo de perda de qualidade de vida com base na abordagem de disposição a pagar.

A metodologia de disposição de pagar baseia-se nas preferências mostradas pelos indivíduos e sociedade definida com base na análise de questionários fechados. Apresenta uso particular para estimar custos para os quais não há preço de mercado. Nessa metodologia, os custos são aferidos a partir do montante que as pessoas estariam dispostas a pagar para evitar acidentes ou as suas consequências negativas (Rosa e Lindau, 2004).

Neste contexto, recentemente alguns países, como a Grã-Bretanha, Estados Unidos da América, Nova Zelândia, Suíça e Suécia, mudaram a abordagem de avaliação dos acidentes rodoviários de perda de produção para a disposição a pagar.

Assim em todos estes países houve globalmente uma grande revisão destes custos verificando-se um significativo aumento.

A utilização do método de disposição a pagar para estimar o valor da qualidade de vida perdida aumenta o valor económico da uma vida mortal num acidente de viação. Segundo Elvik (1995) nem todos os países adoptaram a estimativa de cálculo de custos de acidentes com base na disposição a pagar, uma vez que subsistem dúvidas neste método.

Nos países em que o método de cálculo de custo de acidentes foi actualizado, os acidentes sofreram uma diminuição, por conseguinte houve uma diminuição de vítimas mortais (Elvik, 1995). Poderá concluir-se que utilizando a abordagem de disposição a pagar para determinar um custo de uma vida, o investimento em segurança é superior o que faz com que a análise custo – benefício seja adequada e sinistralidade rodoviária seja inferior.

3.3 Metodologias baseadas em perda de produção

Carvalho e Cerqueira (2007) elaboraram um estudo para avaliar os custos referentes a vítimas mortais causadas por causas externas no Brasil concretamente os acidentes de viação e homicídios. Nesta avaliação foi utilizada a metodologia de perda de produção.

Os autores tiveram o objectivo de estimar os valores que se perderam com as mortes prematuras, e basearam-se na estimativa de rendimento que cada indivíduo teria no presente e projectaram esse mesmo rendimento para o futuro.

A metodologia empregue tem como base combinar diferentes dados das vítimas mortais, tais como a idade, sexo, nível de escolaridade, rendimento e localização geográfica.

Os óbitos considerados estão no intervalo de idade entre 15 a 65 anos que é considerada a idade produtiva dos indivíduos.

Em primeiro lugar foram efectuadas curvas de rendimentos médios para cada perfil identificado.

Em segundo lugar cruzou-se a informação obtida pelas curvas de rendimento com equações econométricas e foi possível estimar o fluxo médio do rendimento para cada vítima, obtendo assim a estimativa da perda de produtividade para esse indivíduo específico. Os fluxos de rendimento futuros foram ajustados com base nas probabilidades de morte recolhendo dados a partir de tábuas de sobrevivência (Carvalho e Cerqueira, 2007).

O objectivo deste estudo, segundo os autores, foi estimar o rendimento médio de trabalho, para cada idade para cada nível de escolaridade, por sexo e por área geográfica.

No método foi apenas considerado a evolução do rendimento auferido pelo indivíduo ao longo da sua vida e não se considerou a evolução de escolaridade dos cidadãos, o que aumentaria o seu rendimento. Foram contudo elaborados alguns ajustes para colmatar esta falha.

Logo, este método apresenta valores subestimados, uma vez que as vítimas mais jovens terão uma probabilidade maior de evoluírem para graus de escolaridade elevados, e este factor não foi considerado.

Como resultados deste estudo obteve-se para o ano de 2001, somando homicídios e acidentes de viação, utilizando uma taxa de desconto de 6%, cerca de 3,5 mil milhões de euros, sendo o custo dos homicídios responsáveis por grande parte deste valor.

3.4 Metodologias baseadas em valores de compensação

Os valores de compensação representam aquilo que a vítima ou os familiares da vítima mortal irão auferir como causa da perda do ente, num contexto de acidente. No caso de feridos ligeiros ou graves estes terão direito a auferir indemnização com base em expressões de cálculo que dependem do rendimento presente e do grau de incapacidade.

Ainda se irá referir metodologias referentes a custos de danos morais, que são indemnizações que um indivíduo terá que receber para atenuar a dor e o sofrimento causado.

3.4.1 Pensões e indemnizações a pagar aos parentes da vítima mortal

Para além dos custos de perda de produção referente à perda de uma vida também se pode avaliar o custo de uma vida com recurso à utilização de fórmulas de cálculo para se determinar as pensões e indemnizações que os familiares têm direito após a morte do seu ente.

Este valor pode ser analisado individualmente, mas também pode ser avaliado conjuntamente com a perda de produção, ou seja, o custo de uma vida pode ser definido como a perda de produção futura do indivíduo adicionado às indemnizações que os seus familiares auferem.

Com base nas expressões para o cálculo de indemnizações do centro de formação de oficiais de justiça pode estimar-se qual o custo do falecimento de um indivíduo (Lei n.º 100/97).

Sabendo que o rendimento anual médio em Portugal em 2010 é igual a 12.516,00€ calculou-se assim quanto é que os familiares auferem por ano devido ao falecimento do ente.

Assim, se do acidente resultar a morte, as pensões anuais dependem de vários factores tal como o grau de parentesco.

No Quadro 3.1 são referidos vários valores de pensão consoante o grau de parentesco.

Quadro 3. 1:Valores de pensão a auferir pelo conjugue e filhos (Timóteo, 2002)

Grau de parentesco	Percentagem (%)	Pensão (€)
Conjugue – até à idade de reforma	30	3754,80
Conjugue a partir da idade de reforma	40	5006,40
Filho único – se não for órfão	20	2503,20
Dois filhos	40	5006,40
Três ou mais filhos	50	6258,00

No Quadro 3.2 são indicados os valores de pensão referentes a filhos cujos ficam órfãos de pai e mãe.

Quadro 3. 2:Valores de pensão a auferir pelos filhos se ficarem órfãos de pai e mãe (Timóteo, 2002)

Grau de parentesco	Percentagem (%)	Pensão (€)
Filho único	40	5006,40
Dois ou mais filhos	80	10012,80

No Quadro 3.3 são indicados valores de pensão no caso de haver outros parentes com direito a pensão.

Quadro 3. 3:Valores de pensão a auferir por outros parentes (Timóteo, 2002)

Grau de parentesco	Percentagem (%)	Pensão (€)
Outros parentes se houver conjugue/filhos	10	1251,00
Outros parentes se não houver conjugue/filhos	15	1877,40
Outros parentes se não houver conjugue/filhos a partir da idade da reforma	20	2503,20

3.4.2 Pensões e indemnizações a pagar devido a acidentes de trabalho

Neste campo das pensões e indemnizações a pagar devido a acidentes de trabalho há duas parcelas a considerar. A primeira é relativa à incapacidade permanente tendo em conta o grau de incapacidade.

A segunda parcela refere-se à incapacidade temporária, em que cada dia de trabalho é ajustado através de um factor que exprime o grau de incapacidade.

O valor da perda de produção, no caso de lesões graves, situa-se entre 70 e 90% do custo total de um ferido grave, enquanto nos feridos ligeiros situa-se entre 30 e 40% do valor perdido com um ferido ligeiro.

Novamente para se quantificar ao máximo um valor, os cálculos efectuados têm como base o rendimento médio anual em Portugal em 2010.

No caso de incapacidade permanente absoluta (IPA) para todo e qualquer trabalho o sinistrado terá direito em média a uma pensão anual de valor 10012,80€. A este valor é acrescido de dez por cento por cada familiar a cargo, até ao limite da retribuição.

No Quadro 3.4 são descritas varias expressões de calculo referentes à indemnização e/ou pensão a que o lesado terá que auferir devido ao facto de ter ficado condicionado para a actividade profissional, em que RMM significa rendimento mínimo mensal.

Quadro 3. 4: Valores de indemnização a auferir pela vítima (Timóteo, 2002)

Grau de incapacidade	Expressão de cálculo	Valor (€)
Incapacidade permanente absoluta para todo o tipo de trabalho	Retribuição anual x 80%	10012,80
Elevada incapacidade permanente absoluta	12 x RMM	5820,00
Incapacidade permanente absoluta para o trabalho habitual	$\frac{\text{Retribuição anual}}{2} + \frac{\text{Retribuição anual} \times \text{Grau de incapacidade}}{5}$	6258 X 2503,2 x (grau de incapacidade)
Incapacidade absoluta para o trabalho habitual	12 X RMM	5820,00
Incapacidade permanente parcial igual ou superior a 30%	Retribuição anual x 70% x grau de incapacidade	8761,20 X grau de incapacidade
Elevada incapacidade permanente parcial	12 X RMM x grau de incapacidade	5820 X grau de incapacidade
Incapacidade permanente parcial inferior a 30%	Retribuição anual x 70% x grau de incapacidade	8761 X grau de incapacidade
Incapacidade temporária absoluta/por dia	Retribuição diária x 70%	20,86
Incapacidade temporária parcial/por dia	Retribuição diária x 70% x grau de incapacidade	20,86 X grau de incapacidade

No Quadro 3.5 é apresentada a avaliação do grau de incapacidade permanente de modo a permitir uma maior facilidade de se calcular o valor das pensões e indemnizações.

Quadro 3. 5: Tabela Nacional para a Avaliação de Incapacidades Permanentes em Direito Civil (2007)

Incapacidade	Grau de incapacidade
Perturbação de memória Grau 1	41-60%
Perturbação cognitiva severa	61-85%
Epilepsia	36-70%
Perda da visão (1 olho)	25%
Perda da visão (2 olhos)	85%
Surdez total: unilateral	15%
Surdez total: bilateral	60%
Anosmia (perturbação do olfacto)	15%
Paralisia facial	11-50%
Perda de dente incisivo ou canino	1%
Perda de dente molar ou pré-molar	1,50%
Limitação de abertura bucal (igual ou inferior a 10 mm)	6-20%
Afonia (perda da fala)	25%
Insuficiência respiratória crónica	51-90%
Transplante cardíaco	10-20%
Perda de pulmão	15%
Perda de um rim	15%
Incontinência	30%
Amputação de polegar	17-20%
Amputação da mão	35-40%
Amputação de membro superior	51-55%
Amputação da coxa	50%
Perda de flexão na anca	17%
Amputação dos cinco dedos do pé e do 1º metatarso	8%
Queimaduras	1-50%
Tetraplegia (perda de movimentos dos membros): com necessidade de respiração assistida	95%
Tetraplegia (perda de movimentos dos membros): segundo a capacidade funcional	90-94%
Monoplegia (perda de movimento de membro)	45-50%
Esterilidade (homem ou mulher)	30%
Estado vegetativo persistente	100%

Por fim poderá concluir-se na abordagem destas expressões de cálculos de indemnizações e pensões que estas são proporcionais aos rendimentos do indivíduo, assim como ao grau de incapacidade a que o indivíduo ficou sujeito.

3.4.3 Indemnizações por danos morais

As indemnizações por danos morais, são valores difíceis de avaliar uma vez que não é comparável a dor moral com valores monetários.

No entanto encontra-se na literatura algumas abordagens de cálculo para os valores a indemnizar devido a danos morais. Nesta secção serão apresentados duas metodologias de cálculo e também serão descritos os valores que estão regulamentados para Portugal segundo a Portaria nº 377/2008 de 26 de Maio.

Metodologias de cálculo

As indemnizações por danos morais representam o valor que se terá de pagar a um indivíduo ou aos seus familiares devido à dor e sofrimento causado por um acidente.

Caldeira *et al.* (2007) elaborou um estudo em que analisou se é possível que uma fórmula matemática ao ser aplicada resulte em eficácia e justiça na atenuação do sofrimento e dor.

Neste contexto, segundo Caldeira *et al.* (2007), converter dor em dinheiro é uma tarefa difícil, mas no entanto não impede de fixar um valor compensatório para atenuar as consequências do dano sofrido.

No entanto, apesar desta dificuldade em traduzir dor em dinheiro, é relevante salientar que o dano causado a alguém que veja o seu nome divulgado indevidamente na imprensa, é diferente ao sofrimento causado pela perda de um filho por isso qualquer fórmula de cálculo proposta terá sempre algumas insuficiências uma vez que cada caso tem que ser tratado de modo particular (Caldeira *et al.*, 2007).

São descritas de seguida duas expressões de cálculo que se encontram na literatura que foram apresentadas por Clayton (1998) e Basile (2005).

Assim em baixo é apresentada a fórmula matemática proposta por Clayton (1998) para avaliar o valor de indemnização por dano moral.

$$VI = \frac{SE(v) + (MD)^2 - QE(r)}{SE(r)} \quad (3.1)$$

Em que o significado das variáveis são as seguintes:

VI = Valor da indemnização;

SE (v) = Situação económica da vítima;

SE (r) = Situação económica do culpado;

MD = Magnitude do dano;

QE (r) = Quociente de entendimento do culpado.

O valor de indemnização (VI) resulta em salários mínimos e que depois é multiplicado pelo salário mínimo em vigor, que resulta no valor total a indemnizar.

Estes factores podem tomar valores que são apresentados nos Quadros 3.6 e 3.7. No Quadro 3.6 estão expostos os intervalos de valores para as situações económicas da vítima e do culpado.

Quadro 3. 6: Intervalos de valores para as situações económicas da vítima e do culpado

Situação económica do culpado SE (r)		Situação económica da vítima SE (v)	
Péssima	90 a 100	Péssima	800 a 1000
Má	70 a 80	Má	1001 a 1200
Razoável	50 a 60	Razoável	1201 a 1400
Boa	30 a 40	Ótima	1401 a 1600
Excelente	1 a 20	Excelente	1601 a 1800

No Quadro 3.7 encontram-se os intervalos de valores para a magnitude do dano, e para o quociente de entendimento do culpado. Este factor representa o grau de conhecimento que o responsável pelo dano tem sobre os factos da vida e do mundo, logo uma pessoa com um elevado quociente de entendimento terá uma maior responsabilidade a assumir devido ao facto de ter maiores capacidades de agir, prevenir e evitar e assim poder diminuir os riscos do seu próximo.

Quadro 3. 7: Intervalos de valores para a magnitude do dano e para o quociente de entendimento do culpado

Magnitude do dano (MD)		Quociente de entendimento do culpado (QE-r)	
Insignificante	0 a 25	Inferior	700 a 1000
Leve	26 a 50	Médio	500 a 700
Grave	51 a 75	Elevado	300 a 100
Gravíssimo	76 a 100	Superior	100 a 0

Uma outra expressão de cálculo apresentada é a abordagem feita por Basile (2005) citado por Caldeira *et al.* (2007) cuja fórmula é exposta de seguida.

$$Dano\ moral = \frac{Vr \times [(n+1)^i \times i \times r] \times (Dolo \times Se) \times pa}{At} \quad (3.2)$$

As variáveis que compõem a expressão são descritas no Quadro 3.8, assim como os valores que eles podem ter.

Quadro 3. 8: Variáveis que compõem a expressão do dano moral proposta por Basile (2005)

Variável	Descrição	Valores
Vr	Valor de referência	Base é o salário mínimo
n	Natureza específica	1(leve) 2(média) 3(grave) 4gravissima
i	Intensidade	1(pequena) 2(média) 3(grande)
r	Repercussão	1(não) 2(sim)
Dolo	Grau de culpa	1(sem culpa) 2(culpa) 3(grave) 4(dolo)
Se	Situação económica do culpado	1(igual à do lesado) 2(média) 3(elevada) 4(superior) 5(excelente)
At	Atenuante	1(não praticou) 2(praticou)
pa	Pratica anterior	1(não praticou) 2(praticou)

Sobre estas variáveis é necessário tecer alguns comentários de modo a que sejam percebidas qual o seu fundamento.

Assim a natureza específica refere-se à natureza da ofensa sofrida, e a sua avaliação é fundamental, uma vez que permite analisar a gravidade do dano. Relacionado com a natureza específica está a intensidade do dano, o seja, a intensidade concreta e efectiva do sofrimento da vítima. É obvio que do ponto de vista do autor a natureza específica é directamente proporcional à intensidade do dano, pois se a natureza do dano for grave, a intensidade será grande.

A repercussão é uma variável que também está relacionada com as variáveis referidas atrás, e é definida como a repercussão da ofensa no meio social em que vive a vítima. Assim se a natureza do dano for leve, a sua intensidade terá uma repercussão menor para a vítima.

Quanto ao dolo, este é definido como o grau de culpa que o causador do dano possa ter, ou seja, o valor da indemnização deve ser considerado maior se o dano cometido for deliberado.

Por fim, a prática anterior é referente ao facto de o culpado já ter provocado o dano anteriormente e a atenuante é considerada se o culpado realizou alguma acção de modo a que permitisse a diminuição da dor à vítima.

Indemnizações regulamentares

Após se terem abordado duas propostas encontradas na literatura, seguidamente são apresentados valores máximos de indemnizações que são considerados em Portugal. Estes valores são descritos na Portaria nº377/2008.

Assim, segundo o artigo 5º, as indemnizações pela violação do direito à vida, bem como as compensações devidas aos herdeiros da vítima, são calculados nos termos previstos do Quadro 3.9.

Quadro 3. 9: Compensações devidas em caso de morte a título de danos morais a herdeiros

Ao conjugue com 25 anos ou mais de casamento	Até 25.000€
Ao conjugue com menos de 25 anos de casamento	Até 20.000€
A cada filho com idade menor ou igual a 25 anos	Até 15.000€
A cada filho maior de 25 anos	Até 10.000€
A cada neto ou outros Descendentes	Até 5.000€
A cada pai por filho com idade menor ou igual a 25 anos	Até 15.000€
A cada pai por filho maior de 25 anos	Até 10.000€

3.5 Metodologias baseadas em preferências pessoais

As metodologias baseadas em preferências pessoais são referentes aquilo a que uma pessoa individual, ou uma sociedade está disposta a pagar para diminuir o risco de mortalidade, ou seja, ganhar longevidade, mas com qualidade de vida.

Uma das abordagens relacionadas com estas metodologias é a descrita por Pandey e Nathwani (2004).

Estes autores descrevem este método de modo a que se encontre um valor mais equilibrado e mais justo para a vida, de maneira a que seja feito um balanço custo – benefício mais correcto. É preciso ter bem presente que não existe um limite para os recursos que podem ser gastos para prolongar a vida, no entanto é preciso analisar com muito cuidado se estes recursos gastos proporcionam benefícios fidedignos para a sociedade, pois estes podem estar eventualmente a serem desviados de outras áreas críticas como a saúde, educação e serviços sociais que também elevam a qualidade de vida da população (Pandey e Nathwani, 2004).

Os autores utilizaram o índice de qualidade de vida (Life Quality Index, LQI) como ferramenta para avaliar as iniciativas de redução de risco. O LQI é aplicado para quantificar a vontade que a sociedade tem de pagar, ou seja, serve para determinar um nível aceitável de despesas públicas em troca de uma redução do risco de morte que resultaria na melhoria da qualidade de vida.

Segundo Pandey e Nathwani (2004), o índice de qualidade de vida é um indicador social que reflecte a esperança de vida com saúde e qualidade de vida, ou seja, assenta na premissa que aumentar a esperança de vida com qualidade de vida é um valor fundamental, logo é ético aplicar esta abordagem para a gestão do risco.

Com base no LQI desenvolveu-se uma abordagem para quantificar a vontade que a sociedade tem de pagar para diminuir o risco de morte (SWTP).

O modelo é aplicado utilizando a expressão apresentada em baixo.

$$SWTP = dG \times N = \frac{N \times G}{q} \times \frac{dE}{E} \text{ (€/ano)} \quad (3.3)$$

Definindo e descrevendo as variáveis da equação tem-se, que N é o número de habitantes de um país, o factor G representa a riqueza de um país, ou seja, é o produto interno bruto (PIB) per capita, isto é, a produção média de cada habitante desse país. A variável dE/E representa a variação média da esperança de vida ao longo da vida de um habitante, uma vez que esta vai se alterando desde o momento do nascimento até à morte.

Por fim, a variável q é uma função consumo, isto é, representa a relação de tempo que se gasta para se obter rendimento, com o tempo que se gasta em lazer, e é determinada pela expressão seguinte:

$$q = \frac{w}{(1-w)} \quad (3.4)$$

O factor w representa a relação de tempo total disponível com o tempo que se está a produzir e é dado pela seguinte expressão:

$$w = \frac{\text{n}^\circ \text{ de anos de trabalho}}{\text{n}^\circ \text{ de anos de vida}} \times \frac{\text{n}^\circ \text{ de semanas trabalhadas por ano}}{\text{n}^\circ \text{ de semanas do ano}} \times \frac{\text{n}^\circ \text{ de horas trabalhadas por semana}}{\text{n}^\circ \text{ total de horas da semana}} \quad (3.5)$$

Este valor é aproximadamente semelhante de país para país, varia muito pouco, logo o valor de q varia também muito pouco.

A expressão (3.3) representa o valor que se está disposto a pagar para diminuir o risco de morte, mantendo a qualidade de vida. A expressão é representada pelo produto entre o número de pessoas, a riqueza produzida e a variação da esperança de vida, assim o valor de SWTP é directamente proporcional a estes factores. Logo uma sociedade está disposta a pagar mais se for mais rica, e se a variação da esperança de vida também for elevada, contudo este produto é dividido pelo factor q , ou seja, este factor fará reduzir em maior ou menor grau o valor de SWTP consoante se a relação entre o tempo de produção e o tempo de lazer for mais pequena ou maior. Quanto mais estreita for a relação entre a produção e lazer, menos se está disposto a pagar para baixar o risco de morte, uma vez que o tempo de lazer já é muito escasso, ou seja, a qualidade de vida é menor.

Um outro factor a ter em atenção neste modelo é que a disposição a pagar depende de quão longe seja espectável a morte, ou seja, quanto mais se distancia o ano de morte, menor é a disposição a pagar para reduzir o seu risco, isto é, o tempo futuro é mais valioso quando mais próximo estiver do presente, e isto está patente na variável dE/E .

3.6 Comparação das várias metodologias

As metodologias de análise de custos humanos apresentadas acima são de diferentes naturezas, o que faz com que resultem em valores diferentes.

Através da perda de produção obtêm-se dados que representam o valor total que se perde quando existe uma morte prematura de um indivíduo em idade produtiva, ou seja é avaliado e contabilizado o total do rendimento que esse indivíduo deixa de auferir.

Quanto às metodologias com base em valores de compensação, estas determinam o valor das indemnizações que a família ou o próprio no caso de um ferimento, recebe quando a actividade produtiva é interrompida. Estas metodologias baseiam-se em fórmulas previamente estipuladas pelas entidades competentes e avaliam o custo que é gasto pelo estado no caso de acidente. Estas metodologias dependem do rendimento presente do indivíduo e do grau de incapacidade que o acidente pode causar.

No caso de falecimento a indemnização será auferida por familiares que também, de entre outros factores, depende do salário recebido pela vítima mortal aquando da ocorrência do acidente. Tanto as indemnizações como as pensões são afectadas por um factor de minoração.

Ainda existem as metodologias para se avaliar os custos causados por danos morais, estes custos referem-se a danos não patrimoniais, e servem para atenuar a dor causada por uma eventualidade trágica e que poderão ser auferidos pela vítima e por familiares da vítima.

Por último as metodologias com base em preferências pessoais, permitem analisar o quanto um individuo ou a sociedade em geral está disposta a pagar para diminuir o risco de morte, mantendo qualidade de vida.

3.7 Conclusões

Após a análise das várias metodologias pode-se concluir que as perdas de produção e os valores de compensação podem ser somadas e resultar num custo total, ou seja, uma metodologia não é alternativa à outra mas sim complementar. São um bom indicador daquilo que custa uma morte. Assim como as metodologias de análise de custos de danos morais, se estes existirem, poderão ser somadas e perfazer um custo global de custos humanos.

Quanto á metodologia com base em preferências pessoais, esta poderá ser alternativa às metodologias referidas atrás, uma vez que esta refere qual o valor que cada pessoa está disposta a pagar para diminuir o risco de morte. Segundo vários autores esta metodologia é mais completa e demonstra com maior rigor o custo de uma vida humana.

Capítulo 4: Custos directos

4.1 Introdução

Os custos directos são aqueles que podem ser segurados, uma vez que podem ser contabilizados previamente de modo a que se atenuem as consequências de um acidente.

Para se efectuar uma avaliação rigorosa dos custos directos associados a um acidente num edifício, estes terão de ser separados por parcelas e analisados individualmente, de modo a que se determine com uma maior exactidão o valor global. Estes custos também se podem designar por custos económicos.

Assim, neste capítulo, descrever-se-ão as parcelas que constam na categoria de custos económicos. Essas parcelas são os custos da substituição e/ou reparação da estrutura, custos de realojamento de habitantes e empresas e perda de funcionalidade.

Também se podem colocar na categoria de custos económicos os custos de limpeza, que são referentes aos custos de remoção de resíduos e/ou de demolição da estrutura inutilizada. Os custos de salvamento também se devem ter em conta devido ao facto ser necessário a deslocação de veículos de emergência (bombeiros, ambulâncias) e também a assistência médica no local. As falhas de estrutura também poderão causar efeitos negativos na economia envolvente, logo este custo também deve estar incluído.

Por fim, também entram nesta categoria de custos económicos, os custos inerentes ao estudo e investigação da causa do acidente e o custo associado à perda de reputação que se pode reflectir, no caso de uma empresa na desvalorização de acções no mercado de valores. Irá abordar-se cada parcela descrita acima com base em estudos efectuados por diversos autores.

Assim irá iniciar-se esta avaliação com a referência aos custos de salvamento.

4.2 Custos de salvamento

Antes de mais importa definir o que são os custos de salvamento e quais as parcelas que esta categoria abarca para se recorrer a uma contabilidade mais rigorosa e uma análise mais precisa.

Os custos de salvamento são, essencialmente, custos relacionados com os meios de socorro e transporte solicitados aquando do acidente. Nesta rubrica estão agrupados o custo da deslocação do veículo de transporte, terrestre ou aéreo, assim como os custos das remunerações e outras prestações com o pessoal de salvamento e despesas com meios de tratamento utilizados.

Os custos de salvamento também podem ser definidos por custos de resgate associados a serviços de emergência (ambulâncias, bombeiros, etc.). Este custo, segundo Janssens (2010), pode ser estimado

tendo em conta o número de vítimas mortais e feridos multiplicando este número por um custo adequado por pessoa.

Os custos de salvamento também poderiam ser incluídos na categoria de consequências humanas, fazendo parte dos custos humanos.

Em baixo irá referir-se os custos de internamento praticados em Portugal, assim como os custos segundo o tipo de lesão e a região do corpo afectada.

4.2.1 Custos de internamento

A avaliação elaborada pelo serviço nacional de saúde recorre à utilização de tabelas que referem os custos de internamento de um doente ou um acidentado.

Assim, o custo de internamento é de acordo com a portaria nº 132/2003 (2003), em hospitais centrais igual a 219,50€/dia, em hospitais distritais o custo é de 167,30€/dia, e por fim, em unidades de cuidados intensivos oficialmente reconhecidas o custo ascende a 522,40€/dia.

4.2.2 Avaliação de custos segundo o tipo de lesão e segundo a região do corpo afectada

Segundo Campelo (2004) a avaliação dos custos pode-se fazer recorrendo à sua separação em diferentes parcelas, pode-se separar por tipo da região do corpo atingida ou em relação ao tipo da lesão. Assim o custo médio unitário em relação à região do corpo atingida está ilustrado no Quadro 4.1.

Quadro 4.1: Custo associado à lesão por região do corpo, Campelo (2004)

Região do corpo	Custo
Cabeça	644,37 €
Tronco	1.796,35 €
Coluna	2.483,43 €
Pés	3.200,25 €
Olhos	3.277,38 €
Mãos	5.928,04 €
Membros superiores	6.058,76 €
Membros inferiores	6.187,24 €

Quanto ao custo médio unitário em relação ao tipo de lesão é ilustrado no Quadro 4.2.

Quadro 4.2: Custo para cada tipo de lesão, Campelo (2004)

Lesão	Custo
Queimaduras	1.447,00 €
Entorse	2.239,91 €
Corte/escoriação	3.404,32 €
Contusão	4.181,52 €
Fractura	5.103,94 €
Distensão	5.751,40 €
Luxação	10.487,94 €
Amputação	38.145,78 €

4.3 Custos de limpeza

Os custos de limpeza referem-se à recolha de resíduos provenientes do acidente. No caso de colapso esta parcela diz respeito à remoção de resíduos de demolição e construção que o acidente provocou.

No caso de a estrutura ter ficado intacta, mas por motivos de inutilidade total se tenha de recorrer à demolição, esta parcela diz respeito aos custos associados à demolição e recolha de todos os resíduos provenientes da demolição deliberada.

Segundo Janssens (2010) a quantidade, tipo e tamanho dos detritos produzidos pelo colapso do edifício é determinante para se avaliar o custo de remoção e transporte dos resíduos. Este factor contribui significativamente para se obter um valor global de custos de limpeza.

Resíduos de grandes dimensões e elementos de construção como o aço ou o betão armado, podem exigir tratamento especializado para os transportar de forma mais fácil. O transporte destes elementos é consideravelmente mais caro, ao contrário de blocos de alvenaria e elementos de madeira que têm um custo de transporte inferior.

Um ponto importante a ter atenção é o facto de a empreitada de demolição e limpeza dos resíduos ser conjunta com a reparação do edifício ou a construção, assim é preciso ter o cuidado de não se repetir este custo na parcela dos custos de reparação/substituição, alerta Janssens (2010).

Segundo Lourenço (2007), existem valores médios unitários para a demolição em Portugal, com estes dados é possível estimar o custo que um edifício teria ao ser demolido.

O Quadro 4.3 expressa os custos por unidade de área e por unidade de volume, e também especifica o custo por unidade de volume para o betão, visto que este material é por excelência o material usado na construção civil em Portugal.

O Quadro 4.3 apresenta valores para edifícios de habitação e serviços e também para os outros tipo de ocupação.

Quadro 4. 3: Custos unitários médios de demolição para cada grupo de função da construção (Lourenço, 2007)

Tipo de custo	Função dos edifícios	Custos unitários		
		€/m ²	€/m ³	€/m ³ betão
Demolição	Habitação e serviços	28	9	55
	Outro	100	10	43

O Quadro 4.4 apresenta os custos médios de demolição por unidade de volume de betão armado, assim como as parcelas dos custos que perfazem o custo total da demolição, estes custos são custos de estaleiro, mão-de-obra directa, mão-de-obra indirecta e equipamento.

Quadro 4. 4: Custo unitário médio de demolição e respectivos custos parciais (Lourenço, 2007)

Custos unitários médios (€/m ³ betão)				
Demolição	Estaleiro	Mão-de-obra directa	Mão-de-obra indirecta	Equipamento
38	2	11	9	16

A demolição tem um custo, mas é preciso ter bem presente que o custo da demolição engloba o custo de demolição, mas também o custo de transporte e de deposição. O Quadro 4.5 apresenta valores para estas parcelas que também não podem ser ignoradas.

Quadro 4. 5: Custo unitário médio de encaminhamento de resíduos e respectivos custos parciais (Lourenço, 2007)

Custos unitários médios (€/m ³ betão)		
Encaminhamento de resíduos	Transporte	Deposição
34	19	16

4.4 Custos de gestão de tráfego

Esta parcela das consequências económicas, tem como objectivo avaliar o custo de mobilização de todos os meios de modo a que se faça uma gestão de tráfego quando uma via estiver condicionada ou mesmo cancelada provisoriamente.

Nesta parcela também se inclui o custo relacionado com atraso de tráfego consequente da falha estrutural.

Segundo Imam e Chyssanthopoulos (2010) as falhas em pontes e viadutos podem causar atrasos nas vias envolventes que se devem ao congestionamento de tráfego devido ao aumento de utilizadores.

Os desvios aumentam assim o tempo de viagem, tanto para os utilizadores de comboio como de automóvel, se a ponte for ferroviária e rodoviária, respectivamente. No caso de a ponte ter de ser encerrada apenas parcialmente, ou seja, o número de vias ser reduzido, por exemplo para obras de reparação e/ou reabilitação, o fluxo de tráfego terá que ser redistribuído e uma vez que o nível de serviço é reduzido, irá provocar automaticamente um tempo de viagem superior e também um risco de sinistralidade maior.

O custo económico devido aos atrasos de tráfego pode ser estimado utilizando a avaliação do tempo que os utentes gastam a mais para se deslocarem tanto de comboio como de automóvel.

Em muitos casos a avaliação dos atrasos requer uma análise extensa da rede viária, o que pode ser potencialmente dispendioso.

No Reino Unido é sugerido para o valor médio de tempo de um veículo de 14,00€/hora a preços de 2002.

O Departamento de Transportes dos Estados Unidos da América utiliza os seguintes valores médios de tempo de viagem:

- 8,70€ Por pessoa por hora para viagens locais;
- 11,50€ Por pessoa por hora para viagens intermunicipais;
- 15,50 Por pessoa por hora para transportes pesados.

Os valores referidos a cima são indicativos para o ano de 1997.

No Quadro 4.6 apresentam-se custos que correspondem à média entre os 15 países que faziam parte da União Europeia em 1998. Obviamente os valores referidos são diferentes de país para país.

Os valores indicados referem-se tanto para transporte de passageiros como para transporte de mercadorias, e cada um destes para transporte ferroviário e transporte rodoviário.

Quadro 4. 6: Valores médios de deslocação utilizados na União Europeia, 1998, Essen *et al.* (2004) citado por Imam e Chryssanthopoulos (2010)

	Transporte de Passageiros	Transporte de Mercadorias
Veículo Motorizado	Negócio: 21€/pessoa - hora Publico/Privado: 6€/pessoa - hora Lazer/férias: 4€/pessoa - hora	Veículos de mercadorias leves 40€/veículo - hora Veículos de mercadorias pesadas 43€/veículo - hora
Comboio interurbano	Negócio: 21€/pessoa - hora Publico/Privado: 6,40€/pessoa - hora Lazer/Férias: 3,20 €/pessoa - hora	Comboio totalmente carregado (950 ton): 725€/ton – hora Vagão totalmente carregado (40 ton): 30€/ton – hora Taxa por tonelada: 0,76€/ton - hora

Quando a intervenção a executar seja de reparação de uma ponte, pode ser necessário implementar regimes de gestão de tráfego sobre o tabuleiro da ponte. Irá ser necessário elaborar um programa adequado que depende directamente do volume de tráfego e do tipo da via.

Wong *et al.* (2005) propõe custos de gestão de tráfego por dia para regimes diferentes e tipos de vias diferentes conforme se apresenta no Quadro 4.7.

Quadro 4. 7: Custo diário gasto em gestão do tráfego, 1998, Wong *et al.* (2005) citado por Imam e Chryssanthopoulos (2010)

	Encerramento de vias/Sentido contrário completo	Uma via fechada	Duas Vias fechadas
Auto-estrada	1294€ (1 km de sistema de gestão de tráfego)	533€/dia	685€/dia
	1903€ (3 km de sistema de gestão de tráfego)		685€/dia
Via dupla	761€	533€/dia	
Via única	1218€ (controlo de gestão)	457€/dia	

Um outro exemplo de custos associados ao desvio de tráfego e gestão de tráfego são as falhas que podem ocorrer em redes de drenagem de águas pluviais.

Perrin (2004) elaborou um estudo em que analisou as consequências das falhas e acidentes em tubagens e canais de drenagem de águas. Os custos associados a este tipo de sinistro são vários, nomeadamente custos económicos, no entanto o custo referente a atrasos de tráfego e gestão de tráfego é significativo.

A ocorrência com alguma regularidade deste tipo de acidentes incentivou à execução deste tipo de estudo. As falhas em tubagens e canais de forma súbita podem causar o colapso de um troço de estrada, representando assim um risco elevado para a segurança dos automobilistas, bem como uma perturbação para o tráfego.

Assim o objectivo deste estudo foi:

- Quantificar o impacto económico de falhas na rede de drenagem de águas, incluindo os custos relacionados com atraso dos utilizadores;
- Apurar se o risco de colapso de tubagens e canais está a ser considerado como critério de selecção;
- Identificar e documentar os acidentes deste tipo.

Para esta parcela apenas se vai focar nos custos económicos mais concretamente nos custos relacionados com os atrasos dos utilizadores da via. Assim, o custo para o utilizador será relacionado com os seguintes factores:

- O tráfego médio diário anual (TMDA) da estrada em que a tubagem está a ser instalada;
- O aumento médio de atraso (t) ou de congestionamento que a instalação está a causar a cada veículo por dia (“ t ” em horas);
- O número de dias que a instalação durará (d);
- A taxa média de atraso por pessoa em dólares por hora (cv);
- A taxa média de atraso por carregamento em dólares por hora (cf);
- A percentagem de tráfego de veículos de passageiros (vv);
- O factor de ocupação de veículos (Vof);
- A percentagem de tráfego pesado (Vf).

Assim a equação que determina o custo do atraso é a seguinte:

$$D = \sum_{k=0}^n [TMDA_k \times tk \times dk \times (cvk \times vvk \times vofk + cfk \times vfk)] \quad (4.1)$$

Por exemplo, o custo de atraso de utilização por dia, para níveis diferentes de tráfego média diário anual, é apresentado no Quadro 4.8, com as variáveis que se apresentam a seguir.

A média estabelecida para o custo de atraso é:

- $C_v=14,00$ € de atraso de pessoa por hora;
- $C_f=40,80$ € de atraso por carregamento por hora.

Os pressupostos de tráfego normal são:

- $V_v= 97\%$ de tráfego de veículos ligeiros;
- $V_f=3\%$ de tráfego de veículos pesados.

E por fim, o factor de ocupação de veículos é 1,2 pessoas por veículo. Logo, utilizando a expressão 4.1 e as variáveis apresentadas acima, o Quadro 4.8 apresenta os valores variando apenas o tráfego médio diário anual, e incrementando períodos de tempo.

Quadro 4. 8:Custo do atraso por dia dos utilizadores para diferentes níveis de TMDA

Nível TMDA	Incremento de tempo de atraso				
	10 min	20 min	30 min	1 Hora	2 Horas
5000	14.580,00 €	29.160,00 €	43.740,00 €	87.480,00 €	174.960,00 €
10000	29.160,00 €	58.320,00 €	87.480,00 €	174.960,00 €	349.920,00 €
20000	58.320,00 €	116.640,00 €	174.960,00 €	349.920,00 €	699.840,00 €
30000	87.480,00 €	174.960,00 €	262.440,00 €	524.880,00 €	1.049.760,00 €
50000	145.800,00 €	291.600,00 €	437.400,00 €	874.800,00 €	1.749.600,00 €
75000	218.700,00 €	437.400,00 €	656.100,00 €	1.312.200,00 €	2.624.400,00 €
100000	291.600,00 €	583.200,00 €	874.800,00 €	1.749.600,00 €	3.499.200,00 €

Neste estudo elaborado por Perrin (2004), chegou-se à conclusão que os custos associados à reparação de tubagens danificadas podem ser significativos, e adianta que é preferível projectar as redes de drenagem de águas com materiais mais resistentes, apesar de serem mais dispendiosos, já que se irá poupar nos custos associados a atrasos de tráfego se ocorrer uma falha.

4.5 Custos de perda de reputação

A perda de reputação expressa-se através do efeito a longo prazo que o colapso da estrutura pode causar.

O custo associado à perda de reputação pode ser eventualmente inserido no efeito sobre os preços das acções/cotas de mercado, no entanto nesta abordagem é avaliado separadamente.

A perda de reputação proveniente de um colapso de uma estrutura pode abrandar a actividade do negócio devido ao facto de se pensar que as condições de segurança não eram suficientes.

A perda de reputação pode causar uma diminuição de clientes no caso de uma empresa, logo a facturação é também diminuída e isto trará um prejuízo.

Contudo a avaliação do custo é difícil de realizar uma vez que depende de vários factores e da imprevisibilidade das variáveis associadas.

4.6 Custo de perda de funcionalidade

A perda de funcionalidade é um dano que é causado à utilidade de uma empresa ou de algo que esteja a operar com eficiência, quando os serviços são afectados estes podem abrandar ou mesmo cessar, causando um custo denominado de perda de funcionalidade.

O custo referente à perda de funcionalidade é maior para os edifícios que tem operações de emergência tais como hospitais, quartel de bombeiros, centrais nucleares, etc.

Segundo Janssens (2010) para uma empresa a perda de funcionalidade pode ser avaliada com base na expressão seguinte:

$$\text{Perda de funcionalidade} = \text{Volume de negócios diário} \times n^{\circ} \text{ de dias de encerramento} \quad (4.2)$$

A perda de funcionalidade está directamente relacionada com a perda de produção e do tempo de encerramento, como demonstra a equação acima mas, no entanto, também terá que se ter em conta a perda de arquivos e de dados importantes.

Para uma empresa, a perda de funcionalidade pode ser calculada a partir da diminuição da facturação, logo da perda de lucro.

Este custo representa prejuízos relacionados com a interrupção da actividade normal da empresa. Os clientes da empresa sinistrada poderão ser prejudicados, os fornecedores poderão sofrer atrasos nas suas entregas, e como resultado, ocorrerão perturbações na actividade normal resultando em perda de negócio, ou num aumento dos custos de produção. Contudo, a estimativa do valor global deste custo poderá ser uma tarefa desafiadora, uma vez que exige um conhecimento profundo em economia para se proceder a uma análise mais detalhada.

Como exemplo, o Departamento de Transportes dos Estados Unidos da América efectuou esta análise de perda de funcionalidade como resultado do colapso da ponte que atravessa o rio Mississippi (I-35W) e chegou à conclusão que o prejuízo económico deste acidente teve uma estimativa de cerca de 60 milhões de euros que corresponde a 0,01% de redução da produção económica anual do estado.

Um outro aspecto a salientar nesta parcela de custos de perda de funcionalidade é a perda de arquivos e dados que pode por em causa o regresso da empresa mesmo após a reparação das suas instalações.

Um relatório da IBM mostra que os incêndios são a principal causa de interrupção das actividades das empresas, interrompendo a produção em 17,5% dos casos. Em segundo lugar é o terrorismo e as sabotagens, nas quais se incluem os vírus de computador com 17,5% de incidência cada um, seguem-

-se as causas atmosféricas (14%) os terremotos (10,5%), falhas de energia (9,5%), defeitos de software (8,8%), inundações (7%) e defeitos de hardware (5,3%).

Um simples estaleiro de obras pode prejudicar muito todos os sistemas de uma empresa no momento em que uma máquina danifica um cabo acidentalmente. A empresa Telefónica foi vítima desse erro, quando acidentalmente um cabo interrompeu o fornecimento dos serviços de telecomunicações. Esse tipo de empresa não pode dar-se ao luxo de interromper as suas actividades, por isso necessita de centros alternativos que garantam, em caso de falha, a continuidade das operações (Rollán citado por Universia Knowledge Wharton, 2005).

As empresas devem analisar a que tipo de riscos estão mais expostas e até que ponto serão capazes de suportar uma interrupção caso venha a ocorrer, acrescenta ainda que é preciso que as companhias avaliem a probabilidade de ocorrência (baixa, média ou alta) e em seguida avaliar a gravidade do impacto (baixa, média ou alta). Isto permite saber se os riscos são de baixa probabilidade e alto impacto, como um terremoto, ou de alta probabilidade e baixo impacto, como um cabo danificado por uma máquina de obras. (Solís citado por Universia Knowledge Wharton, 2005).

Na sequência do atentado de 11 de Setembro de 2001 foram recolocados 4.000 funcionários de várias empresas, entre elas a American Express, os quais foram transferidos para um centro alternativo localizado nos arredores de Nova York. A AEX e a Lehman Brothers foram duas das empresas que, antes do atentado, já operavam em centros de New Jersey. Graças a esse plano de contingência, estavam preparados para qualquer catástrofe (Rollán citado por Universia Knowledge Wharton, 2005).

Os atentados de 11 de Setembro de 2001 mostraram a capacidade de reacção de muitas empresas americanas — inclusive diante de uma grande tragédia, contudo Solís citado por Universia Knowledge Wharton (2005) não crê que essa cultura exista fora do mundo anglo-saxónico, embora reconheça que o impacto sofrido pelas Torres Gémeas tenha contribuído para sensibilizar os profissionais responsáveis dentro das empresas. Um estudo da IBM confirma essa maior preocupação. Entre 2002 e 2003, houve um aumento de 13% nas provas de simulação de catástrofe. Desde 11 de Setembro, o aumento foi de 33%.

Segundo Gay citado por Universia Knowledge Wharton (2005), as empresas espanholas estão preparadas para enfrentar esse tipo de risco. É claro que ter um Plano de Continuidade de Negócios não significa que sejamos capazes de antecipar um determinado sucesso, porém ele nos permitirá lidar com o risco e geri-lo com êxito.

O objectivo dos centros de catástrofes é o de assegurar que, diante de um episódio inesperado capaz de destruir os sistemas de uma empresa, esta possa prosseguir funcionando normalmente. Por esse motivo, os provedores de serviços oferecem dois centros, o principal é o centro de dados onde são guardadas todas as informações, o segundo, abriga cópias de todos os dados contidos no primeiro (Rollán citado por Universia Knowledge Wharton, 2005).

Assim, a avaliação do custo de perda de reputação é muito importante uma vez que permite analisar com rigor, todas as consequências que se teriam, aquando a paragem de serviços de empresas,

no pior cenário as empresas podiam mesmo encerrar o que causaria danos muito graves para todos os funcionários, e para as suas famílias. Logo, apesar de como já se referiu atrás, algumas empresas já contêm planos para evitar este tipo de prejuízo, porém é necessário ter bem presente que o custo de perda de funcionalidade tem que ser enaltecido, pois ao não ser considerado, em caso de falha pode ascender a valores bastante avultados.

4.7 Custos de deslocalização temporária

Esta parcela de custos económicos também se poderia inserir nos custos referentes à perda de funcionalidade, no entanto é feita a abordagem individualmente.

Este custo tem em conta o preço a pagar pelo realojamento de residentes e de funcionários, assim como a deslocação de infra-estruturas e equipamentos.

Devido ao facto de residências terem sido total ou parcialmente destruídas, os moradores necessitam de abrigo temporário até que as suas casas tenham novamente condições de habitabilidade. Os custos de deslocação também podem ser associados a acidentes que ocorram em edifícios de escritórios, mas provavelmente terão um custo inferior.

Alguns indivíduos podem ter as suas casas sem condições de habitabilidade devido ao facto de outros edifícios ao seu redor terem colapsado e causar falhas de energia e falhas de abastecimento de água e gás, este custo também terá que ser contabilizado na análise global dos custos de deslocalização temporária.

4.8 Custos de Reparação da estrutura e conteúdos

Os custos de reparação da estrutura e conteúdos podem ser divididos em custos de reparação de componentes estruturais, ou seja, custos estruturais, e custos de reparação dos conteúdos (custos não - estruturais).

O custo estrutural é dependente da extensão do dano, tipo de estrutura, dimensão da estrutura, etc., e pode ser estimada com base nos custos de construção inicial. Este valor tem em conta todos os componentes do edifício, incluindo tubagem, instalações mecânicas, instalações eléctricas, materiais de construção civil, etc. Os custos não - estruturais dependem do preço de mercado e da natureza do conteúdo, assim como da extensão dos danos. Estes custos poderão ser mais difíceis de contabilizar uma vez que são dependentes da estrutura.

Segundo Janssens (2010) que analisou as consequências do colapso do viaduto ferroviário Malahide, em Dublin na Irlanda, apurou os custos de reparação da estrutura.

Os trabalhos de reparação consistiram na reconstrução do açude, e do restabelecimento do pilar que desmoronou, foram reforçados todos os outros pilares assim como a linha e outras infra-estruturas ferroviárias. Foi ainda instalado um sistema de monitorização na ponte. Assim, estima-se que estas intervenções tiveram o valor global entre 4,5 a 5 milhões de euros.

Segundo Perrin (2004) que efectuou uma análise de custos referentes as falhas de redes de drenagem de água nos Estados Unidos da América propôs que o custo referente à instalação/substituição fosse de acordo com a equação abaixo.

$$IH(L) = \sum_{k=0}^n I_i(1+r)^{kl} \quad (4.3)$$

Em que,

$$n = \frac{H}{L} - 1 \quad (4.4)$$

Onde, $IH(L)$ é o custo referente à instalação/substituição calculado com base no custo inicial (I_i) referente ao valor presente e que se projecta numa taxa de desconto (r) para eventuais substituições durante o tempo de horizonte (H), dependendo do tempo de vida útil da tubagem (L).

Assim, pode-se tomar como considerações finais, que o custo de reparação/substituição é de avaliação mais fácil, mas depende muito dos trabalhos a realizar. O caso apresentado atrás é muito específico, e não pode ser representativo para todas as reparações das estruturas. É necessário avaliar caso a caso, e proceder a um levantamento e a medições fidedignas.

4.9 Custos de Substituição da estrutura e conteúdos

Este custo depende à semelhança do anterior do tipo de estrutura, da extensão do dano, do tamanho etc.

Segundo HAZUS (2003) citado por Janssens *et al.*, (2010) simplifica a estimativa dos custos não estruturais assumindo que este custo está directamente relacionado com os custos estruturais, cujos são representados no Quadro 4.9.

Quadro 4. 9:Exemplos de custos de substituição (HASUS, 2003 citado por Janssens *et al.*, 2010)

Descrição da classe de ocupação HAZUS	Subcategoria	Custo/m ² em €	
		Estrutural	Não estrutural
Edifício multifamiliar médio	5-9 Apartamentos 1-3 Pisos 743 m ²	10,30	5,10
	10-19 Apartamentos 4-7 Pisos 5574 m ²	9,20	4,60
Serviços profissionais, técnicos e de negócios	Escritório pequeno 2-4 Pisos 1858 m ²	8,40	8,40
	Escritório médio 5-10 Pisos 7432 m ²	8,10	8,10
	Escritório grande 11-20 Pisos 24155 m ²	7,20	7,20
Hospital	Hospital médio 2-3 Pisos 5110 m ²	11,80	17,80
	Hospital grande 4-8 Pisos 18581 m ²	10,30	15,40
Pequena indústria	Armazém médio 2787 m ²	5,10	7,60
	Fábrica pequena 1 Piso 2787 m ²	6,00	9,10
	Fábrica grande 3 Pisos 8361 m ²	6,40	9,60

4.10 Custos referentes à alteração do valor das acções

Para se fazer uma avaliação do efeito do valor das acções de uma empresa após o colapso dos seus escritórios é necessário comparar o valor das acções antes e depois do acidente.

Este tipo de avaliação pode requerer perícia económica à semelhança da avaliação dos custos referentes à perda de reputação.

4.11 Efeitos económicos regionais

Os custos associados aos efeitos económicos regionais, são prejuízos afectos à economia em redor do local do acidente, ou seja, o comércio, os serviços e a indústria envolvente pode sofrer danos relacionados com efeitos que não estavam directamente envolvidos.

Em geral, os efeitos económicos regionais causados por uma falha num edifício são de curto prazo, e os custos associados podem ser pequenos em comparação com outras parcelas dos custos económicos. No entanto, ao avaliar-se os efeitos económicos regionais referentes a actos de terrorismo, estes custos podem ser significativos.

O estudo efectuado às consequências do colapso do World Trade Center fornece uma descrição detalhada do impacto desse acidente. O custo da interrupção dos negócios envolventes é avaliado como a perda de lucro bruto da cidade. Os custos avaliados relacionados com a perda de emprego consequente perda de rendimento são também avaliados. Quando estes efeitos económicos foram avaliados os resultados de quatro relatórios diferentes variam entre 7,2 e 64,3 mil milhões de dólares. Esta discrepância deve-se ao facto da dificuldade em que se tem em avaliar os efeitos económicos regionais. É importante que o tempo a considerar tenha que ser cuidadosamente escolhido. A especialização económica pode ser obrigada a distinguir entre as flutuações normais e as flutuações sazonais, como resultado do sinistro.

4.12 Custos de investigação

O custo de investigação é o custo associado ao apuramento das causas do acidente, e também à investigação relacionada com a descoberta de novos modos de construção nomeadamente, novas tecnologias referentes à melhoria da segurança.

O custo de investigação é dependente do tipo de estrutura, utilização, ocupação e apropriação, entre outros factores. Por exemplo, o custo de investigação sobre o colapso de um edifício escolar é provável que seja muito maior do que o custo de investigação sobre um colapso de um armazém vazio.

Nesta parcela também se pode incluir o custo associado à mudança de paradigma do que concerne às praticas dos profissionais da área (engenheiros, arquitectos, etc.).

Segundo Imam e Chryssanthopoulos (2010), o colapso de uma ponte resultou num impacto significativo em termos de implicações para a prática da engenharia e subsequentemente, custos associados.

O colapso de uma ponte que acontece apenas devido a uma falha na leitura do projecto, pode significar o reforço ou a substituição de toda a estrutura. Um colapso de uma ponte também pode significar alterações aos códigos e normas que ate então se aplicavam.

Um exemplo disto foi a introdução de novas regras para pontes de aço em British Standards após o colapso da ponte Cleddau box-girder bridge em Milford Haven, no Reino Unido e West Gate bridge na Austrália. A falha na ponte Tacoma Narrows resultou na imediata reabilitação num número significativo de pontes semelhantes, com grandes custos associados e levou a que houvesse uma investigação relevante sobre os efeitos dinâmicos do vento em pontes e subsequente levantou novas questões, o que fez com que houvesse novas regras de projecto. Um exemplo recente é o colapso da ponte rodoviária I35 – W, uma estrutura mista de aço e betão, que levou o departamento de Transportes dos Estados Unidos da América a inspeccionar imediatamente todas as pontes semelhantes no país.

4.13 Conclusões

Após a análise dos custos directos, pode-se concluir que estes custos são de enorme relevância e são uma parte significativa na análise global de acidentes.

Contudo, existem custos de análise complexa, mas que podem ser de extrema importância para se apurar qual o prejuízo que se terá em caso de falha estrutural.

Pode-se concluir também que os custos económicos são uma fatia importante, uma vez que as suas parcelas podem representar um grande prejuízo para empresas e não só.

É ainda importante referir que os custos presentes nesta parcela são de naturezas diferentes, nomeadamente de economia e de engenharia civil. O quadro 4.10 sistematiza os custos relacionando-os com a sua natureza.

Quadro 4. 10:Natureza dos custos directos

Parcelas de custos directos	Natureza
Custos de salvamento	Económica
Custos de limpeza	Engenharia civil
Custos de gestão de tráfego	Económica
Custos de perda de reputação	Económica
Custos de perda de funcionalidade	Económica
Custos de deslocalização temporária	Económica
Custos de reparação da estrutura e conteúdos	Engenharia civil
Custos de substituição da estrutura e conteúdos	Engenharia civil
Custos referentes á alteração do valor das acções	Económica
Efeitos económicos regionais	Económica
Custos de investigação	Engenharia civil

Capítulo 5: Custos ambientais, sociais e políticos

5.1 Introdução

A falha de uma estrutura de engenharia civil pode ter consequências para as plantas, animais e seres humanos. Este capítulo aborda as consequências das emissões de CO₂ e consumo de energia, os custos de transporte e de combustível e custos de lançamentos tóxicos. Irão abordar-se também consequências político/sociais que também são de grande relevância.

A falha numa ponte, por exemplo, pode resultar em consequências para o ambiente. Exemplos destas consequências podem ser o aumento da poluição referente aos desvios de tráfego, que por sua vez eleva tanto o tempo de viagem como a distância. As pontes que atravessam o leito de um rio poderão aumentar o risco de poluição do rio se houver um potencial colapso.

Para além das falhas e acidentes em estruturas de engenharia civil as catástrofes naturais também são causadoras de consequências ambientais.

Segundo Leahy (2005), os danos causados nos Estados Unidos pelo furacão Katrina podem chegar a mais de 200 milhares de milhão de dólares, e os seus efeitos irão sentir-se durante 15 anos.

A figura 5.1 ilustra perfeitamente a dimensão da inundaçãõ e dos danos causados.



Figura 5. 1:Inundações provocadas pelo furacão Katrina (Ultimo Segundo, 2005)

Um outro exemplo é o derrame de óleo no Golfo do México cujos custos associados ascenderam a um valor muito elevado. Este valor inclui custos de limpeza, bem como multas ambientais dos

governos e sanções. Na figura 5.2 observa-se a mancha de petróleo no mar e estão bem patentes todas as consequências ambientais associadas.



Figura 5. 2:Contaminação do mar provocado pelo derrame do óleo no golfo do México (UOL Notícias – Últimas Notícias, 2010)

5.2 Custos referentes a emissão de CO₂ e consumo de energia

A quantidade de CO₂ emitida durante a reparação e/ou a substituição de uma estrutura não pode ser desprezada. Contudo é difícil isolar o efeito da emissão de CO₂ de outros custos.

As emissões de CO₂ relativas a perda de funcionalidade, por exemplo, de uma ponte ferroviária iriam causar o desvio dos utentes para as vias rodoviárias e, conseqüentemente, o aumento da quantidade de CO₂ emitida.

Uma abordagem semelhante pode ser feita para determinar o custo da energia utilizada. O fabrico do aço por exemplo é um processo que requer muito consumo de energia, logo contribui significativamente para as elevadas emissões de CO₂. Estima-se que a fabrico de aço virgem produz 2,7 toneladas de CO₂ por cada tonelada de aço produzido, enquanto o aço reciclado produz 0,4 toneladas de CO₂ para cada tonelada de aço produzido (Amós, 2010 citado por Janssens, 2010).

A National Industrial Fuel Efficiency Limited) (NIFES) recomenda um valor médio de 1,82 toneladas de CO₂ produzidas por cada tonelada de aço fabricado.

A maioria de carbono emitido pela utilização de betão é relativa ao fabrico do cimento, cuja quantidade de emissões está directamente relacionada com o tipo de fabricação do cimento.

O fabrico de uma tonelada de cimento produz entre 0,74 toneladas de CO₂ (forno seco) e 0,97 toneladas de CO₂ (forno húmido) (Amós, 2010 citado por Janssens, 2010). É geralmente utilizado um valor médio de 0,8 toneladas de CO₂ emitidas por cada tonelada de cimento fabricado.

Tipicamente o betão armado contém entre 275 a 400 kg de cimento por metro cúbico e 150 a 450 kg de armaduras por metro cúbico, logo cerca são emitidas entre 0,62 a 1,09 toneladas de CO₂ por metro cúbico de betão armado.

O Quadro 5.1 apresenta alguns exemplos de valores típicos de emissões de carbono para a produção de diferentes materiais de construção civil utilizados na construção de pontes (Janssens *et al.*, 2010). Como se pode observar o aço é o material que contribui mais significativamente nas emissões de CO₂, embora tem que se ter em conta conjuntamente com os volumes utilizados na construção de pontes, em comparação com volumes utilizados de betão armado ou alvenarias.

Quadro 5. 1: Teor de carbono de alguns materiais típicos da construção civil (Imam e Chryssanthopoulos, 2010)

Material	Emissões de Carbono
Aço	1820 Kg CO ₂ / tonelada
Cimento	800 Kg CO ₂ / tonelada
Betão Armado	260 – 450 Kg CO ₂ / tonelada
Betuminoso	46 Kg CO ₂ /tonelada

As emissões de CO₂ relacionadas com o transporte, também podem ser significativas e serão dependentes da distância percorrida, do tipo de via (urbano, estrada, rural) do tipo de veículo e se o veículo está carregado ou descarregado.

Para prever a quantidade de emissões provenientes de fontes de tráfego, o Ministério do Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais Britânico sugere que se caracterizem os valores de emissão de gases que causam efeito de estufa para diferentes veículos (Defra, 2010 citado por Janssens, 2010).

O Quadro 5.2 apresentam os valores típicos de CO₂ emitidos para diferentes tipos de transporte (ferroviário e rodoviário) e faz também a distinção entre veículos de passageiros e de mercadorias.

Estes valores podem ser utilizados para quantificar o aumento de emissões de carbono devido a congestionamentos de tráfego, desvios ou outras operações.

Há um grande intervalo de estimativas de custos citados na literatura para as emissões de CO₂ que variam entre 0,60€ /tonelada de CO₂ e 480€ /tonelada de CO₂ (Chandler, 2004 citado por Imam e Chryssanthopoulos, 2010). Esta discrepância entre valores apresentados na literatura deve-se ao facto de se estar a considerar nos estudos dos danos, diferentes locais, população diferente etc.

Quadro 5. 2: Emissões de CO₂ para diferentes tipos de veículos (Defra, 2010 citado por Imam e Chrysanthopoulos, 2010)

Tipo de veículo	Emissões de CO₂
Veículo a gasolina	0.1730-0.2994 Kg CO ₂ / passageiro/km
Veículo a gásóleo	0.1452-0.2455 Kg CO ₂ / passageiro/km
Veículo híbrido	0.1191-0.2173 Kg CO ₂ / passageiro/km
Veículo comercial a gasolina	0.1941-0.2558 Kg CO ₂ / veículo/km
Veículo comercial a gásóleo	0.1571-0.2691 Kg CO ₂ / veículo/km
Veículo pesado de mercadorias a gásóleo	0.5276-1.163 Kg CO ₂ / veículo/km
Comboio de passageiros	0.05340 Kg CO ₂ / veículo/km
Comboio de mercadorias	0.2850 Kg CO ₂ / tonelada/ km

5.3 Custos de transporte e de Combustível

O custo referente a transporte e ao gasto extra de combustível, tal como para a emissão de CO₂ depende da distancia percorrida, do tipo de via (urbano, estrada, rural) depende do tipo de veículo, e se o veículo está carregado ou descarregado.

O gasto de combustível para se realizar qualquer reparo de estrutura ou substituição da estrutura também terá que ser contabilizado.

5.4 Custos referentes a Lançamentos tóxicos

Em casos especiais, a emissão de poluentes tóxicos poderá ser uma consequência grave devido ao colapso de um edifício, então deverão ser tomadas precauções para evitar que estes lançamentos tóxicos sejam diminutos ou mesmo inexistentes.

O custo associado à poluição do meio ambiente e, subsequentemente, os malefícios causados aos habitats naturais de plantas, animais e seres humanos é de difícil avaliação, contudo a estimativa de um custo associado a lançamentos tóxicos deverá ser apenas provável para edifícios de grande envergadura e com funções especiais.

5.5 Custos políticos

À semelhança da abordagem feita para os custos ambientais em que se referiram as consequências do furacão Katrina, esta catástrofe a par do furacão Rita irá servir de exemplo para ilustrar que não só os custos ambientais foram elevados, como também os custos políticos podem ser significativos.

Os furacões Katrina e Rita levantaram dúvidas acerca dos recursos de emergência disponíveis para lidar com grandes catástrofes.

Segundo Waugh (2006) o sistema de emergência foi insuficiente e precisa de ser reparado antes da próxima catástrofe (furacão, terramoto, erupção vulcânica, ataque terrorista ou pandemia). As respostas de auxílio nestes desastres podem ter graves consequências políticas para as autoridades que não conseguiram controlar os perigos ao longo do Golfo, ou que não conseguiram responder adequadamente às tempestades e ainda não foram eficazes em casos extremos. Foram vítimas políticos os administradores responsáveis pela gestão de respostas, e poderão também haver vítimas entre os políticos aquando da ida dos eleitores às urnas.

Na sequência do furacão, o Katrina fez a primeira vítima política quando Michael Brown, director da Agência Federal de Emergência norte-americana (FEMA), foi afastado das operações no terreno. Brown, muito criticado pelas falhas detectadas no socorro às vítimas, foi substituído pelo vice-almirante Thad Allen, actual comandante da Guarda Costeira norte-americana.

De acordo com uma sondagem da estação de televisão CBS News, 59 por cento dos norte-americanos desaprova a forma como o Presidente George W. Bush dirigiu as operações e 38 por cento diz estar de acordo (Waugh, 2006).

5.6 Conclusões

Os custos ambientais são custos que têm uma grande complexidade de abordagem, uma vez que podem ser monetariamente difíceis de avaliar, e esse custo poderá ser estendido por um largo período de tempo, uma vez que o prejuízo poderá ser repercutido no futuro.

Pode-se contudo fazer referência ao custo da licença de emissão de CO₂ praticada em Portugal que é de 24,75€/tonelada valor de 2008. Este valor é o custo da licença e se for ultrapassado provocará sanções e os valores ascendem a valores superiores.

Quanto aos custos sociais e políticos, apesar de serem dificilmente expressos em unidas monetárias, podem custar cargos políticos, assim como todas as suas regalias associadas.

Capítulo 6: Avaliação de custo do incêndio da Torre Windsor

6.1 Introdução

A aplicação das metodologias para a determinação dos custos humanos, económicos, ambientais e políticos apresentadas anteriormente, podem não se adequar para o presente caso de estudo, ou seja, é necessário elaborar uma abordagem para edifício e filtrar as várias metodologias de modo que se enquadrem na análise efectuada para o colapso da Torre Windsor.

Neste capítulo irá fazer-se a abordagem à avaliação dos custos relativamente ao colapso da Torre Windsor. Irá em primeiro lugar realizar-se uma pequena descrição do edifício e seguidamente irá descrever-se o processo que decorreu desde o início do incêndio até à demolição da torre.

Por fim irão apresentar-se as consequências que este acidente provocou e assim elaborar-se-á uma avaliação dos custos que o incêndio e o colapso da Torre Windsor provocaram.

6.2 Descrição do edifício

Esta secção irá ser dedicada à descrição do edifício tendo em conta a sua localização e ocupação, depois o seu enquadramento histórico e as actividades associados a ele serão também caracterizadas, e por fim irá relatar-se acerca da solução construtiva, mais concretamente acerca da sua solução estrutural.

6.2.1 Localização e Ocupação

A Torre Windsor foi um dos primeiros edifícios inteligentes construídos em Madrid. Tinha 106 metros de altura e 32 pisos, e estava situado em pleno centro financeiro da cidade, na zona AZCA. Era propriedade da sociedade Asón imobiliária de Arriendos controlado pelo El Corte inglês.

A zona AZCA é composta por 18 edifícios entre eles encontram-se a emblemática Torre Picasso, Torre Europa, o BBVA, etc.

Na Torre Windsor estava situada a sede em Espanha da Deloitte onde trabalhavam mais de 1200 empregados e também estava situado no mesmo edifício três departamentos dos escritórios de advogados Garrigues.

6.2.2 Enquadramento histórico

A construção da Torre Windsor começou em 1975 e terminou em 1979, sendo os seus autores os arquitectos do gabinete Asas e Casariego.

O projecto inicial contemplava uma torre de escritórios e uma base que abarcava salas de espectáculos, locais de comércio e silos de estacionamento. Á data da sua construção foi o edifício mais alto do complexo AZCA até á construção da Torre Picasso.

6.2.3 Solução estrutural

A Torre Windsor era uma estrutura mista de betão armado e aço dividida em três partes por dois pisos técnicos intermédios, ou seja, pisos sem janelas que são constituídos essencialmente por elementos estruturais. Possuía no seu interior um núcleo de betão armado, por onde passavam os elementos de comunicação vertical, nomeadamente ascensores e escadas de serviço, as lajes eram nervuradas com nervuras em ambas as direcções. O espaçamento das nervuras das lajes eram de 600 mm, e entre as nervuras o espaço sobranete foi preenchido com tijolo vidrado. Apenas as lajes dos pisos técnicos foram totalmente reforçadas com betão armado.

Existiam colunas de aço que foram instaladas com a função de suportar as cargas destas lajes e que tinham entre si 1,80m de espaçamento. As colunas de aço da parede exterior tinham de espessura 7 mm, e a secção era composta através de dois perfis em forma de “U”. Os perfis foram fixados com recurso a soldadura e assim formaram as colunas, cujas atravessavam as lajes.

Os pilares e vigas de betão armado eram utilizados apenas para suportar as cargas das lajes dos pisos técnicos.

Exteriormente destacava-se pela sua elementar geometria, caracterizada na fachada pela presença de elementos modulares de alto índice de reflexão de luz integralmente de vidro. Esta capacidade de reflexão através dos envidraçados servia para que o edifício reduzisse o seu impacto volumétrico.

A base do complexo era composta por três pisos, e estava ocupado por espaços comerciais. Na zona interior encontravam-se locais de espectáculos, mas desapareceram devido à ampliação dos armazéns do El Corte Inglés.

O edifício estava em trabalhos de renovação de sistemas de detecção e prevenção de incêndios quando o fogo ocorreu.

Quando o incêndio se iniciou o edifício não tinha “spandrels” nos pisos superiores, ou seja, não estava minimamente reforçado contra a propagação de incêndio ao nível da fachada e facilmente o fogo alastrava de um piso para o outro pelo exterior do edifício. A fachada era essencialmente envidraçada logo o espaço entre o cimo da janela do piso inferior e o peitoril da janela do piso superior “spandrel” não tinha qualquer resistência ao fogo podendo este propagar-se livremente.

Para agravar a situação, as colunas de aço existentes no perímetro dos pisos superiores não tinham qualquer protecção ao fogo. No entanto nos pisos superiores existiam “spadlers” e as colunas de aço resistiram ao fogo em quase todos os pisos.

A figura 6.1 ilustra a solução estrutural adoptada ano nível das lajes e dos pilares de bordo.

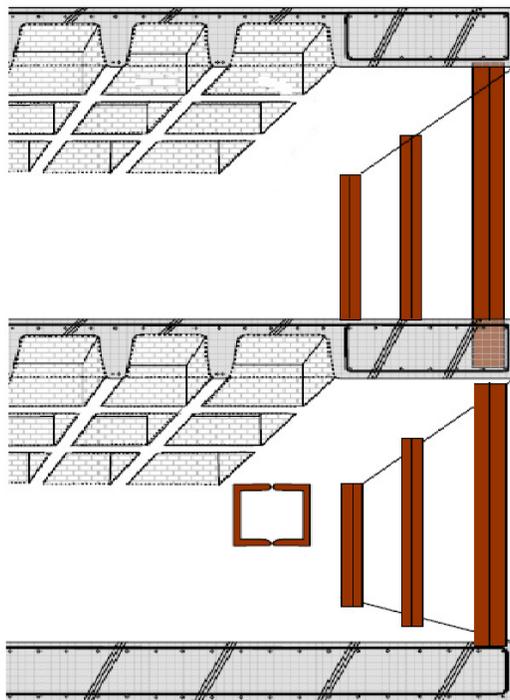


Figura 6. 1: Solução estrutural da Torre Windsor (Ikeda K. e Sekizawa Ai, 2005)

6.3 O acidente

O incêndio que deflagrou na Torre Windsor teve proporções trágicas para o próprio edifício, uma vez que o levou à demolição após se terem extinguido as chamas.

Esta secção tem como objectivo relatar o desenvolvimento do incêndio e a sua propagação o que levou a ter colapsado parte dos pisos superiores, e por fim irá ser descrito o processo de demolição, assim como irão ser abordadas as prováveis causas da dimensão do acidente.

Nas figuras seguintes são ilustradas imagens da Torre Windsor antes e após o incêndio, respectivamente. A figura 6.2 ilustra o edifício antes do acidente, com uma imagem imponente e de robustez cujo transmite a ideia que nada o afectaria.



Figura 6. 2: Torre Windsor antes do incêndio (INTEMAC, 2005)

A figura 6.3 demonstra o aspecto do edifício em total ruínas, e elucida perfeitamente a tragédia que ocorreu.



Figura 6.3: Torre Windsor após o incêndio (Wikimédia Commons, 2005)

6.3.1 O incêndio

Pouco antes da meia-noite de sábado dia 12 de Fevereiro de 2005 foi declarado um incêndio num escritório no piso 21 do edifício Windsor, que rapidamente se propagou pelos pisos superiores e que deixou o edifício irreconhecível. Como referido a estrutura de betão armado não foi derrubada no entanto recorreu-se à sua demolição que foi concluída em Agosto do mesmo ano.

No momento do incêndio o edifício estava sujeito a reformulações há dois anos a meio, as obras estavam a ser executadas sem afectar a normal actividade do edifício.

Foi feito o telefonema aos bombeiros pouco depois das 23.00h, chegando estes ao local após 4 minutos.

Devido á hora a que o incêndio deflagrou este não provocou vítimas, no entanto alguns bombeiros tiveram que ser assistidos devido ao facto de terem inalado fumo.

Na figura 6.4 é ilustrada a imagem do incêndio no dia, cujas chamas ainda deflagravam com grande intensidade.



Figura 6.4: Torre Windsor a ser totalmente consumida pelas chamas (Ikeda K. e Sekizawa Ai, 2005)

Assim passa-se a relatar em baixo o desenvolvimento do incêndio.

12 De Fevereiro:

23.00h – O fogo começou no 21º piso;

23:05h/23:20h – depois de receberem o sinal de incêndio os guardas de segurança deslocaram-se ao 21º piso e tentaram combater o fogo, mas desistiram;

23:21h – Os bombeiros foram chamados;

23:25h – Os bombeiros chegam ao local;

23:30h – os bombeiros começaram a combater o fogo;

13 De Fevereiro:

00:00h – Todos os pisos acima do piso 21 estavam em chamas;

00:30h – Os bombeiros recuaram e tomaram uma posição defensiva, ou seja, a prevenção e propagação a edifícios adjacentes;

2:00h – O fogo propagou-se até ao piso 17;

2:15h – Partes da fachada começaram a cair para o exterior;

3:30h – O fogo alastrou para o piso 16, atravessando o piso técnico superior;

4:00h – Os pisos mais altos desabaram;

5:30h – O fogo alastrou ao piso 12;

8:30h – O fogo propagou-se ao piso 4;

13:30h – Incêndio controlado.

17:00h – Os bombeiros deram como finalizado o combate ao incêndio.

6.3.2 Mecanismo de colapso

Em Março de 2005 deslocou-se a Madrid uma comitiva constituída por uma equipa de investigação japonesa, os autores do projecto do edifício e um conjunto de engenheiros de estruturas de institutos de pesquisa de Madrid, a fim de inspeccionarem o edifício Windsor. Durante a inspecção a comitiva obteve informações valiosas com o intuito de estimar a causa e o mecanismo de colapso da estrutura.

Assim, o incêndio ocorreu no vigésimo primeiro piso e propagou-se para o piso mais alto (32º piso). As colunas de aço que se encontravam no perímetro no edifício nos andares superiores não resistiram ao calor e caíram próximo do foco do incêndio.

O colapso dos pisos superiores e das colunas de aço causaram um outro foco de incêndio que se propagou para os pisos inferiores. No entanto, estes pisos não entraram em cedência e não colapsaram. Não foram observados efeitos graves no 3º piso.

Para além das secções das colunas de aço serem pequenas estas também não possuíam qualquer tipo de protecção ao fogo e assim perderam a resistência ao incêndio facilmente.

Assim, a estrutura exterior dos pisos superiores colapsou facilmente num curto espaço de tempo devido à insuficiente resistência do aço das colunas.

No entanto, os elementos de betão armado do edifício não ficaram assim tão danificados, excepto as lajes de betão armado.

Apesar da laje do piso 17 ser espessa e resistente, a queda das lajes superiores para cima do piso 17 pode ter prejudicado a laje deste piso. Assim, as lajes colapsaram e o incêndio alastrou-se para o piso técnico em 30 minutos.

A razão pela qual a estrutura não ter colapsado sobre o piso 16 pode ter sido devido ao facto de existir protecção contra incêndios nas colunas de aço e também à actividade efectiva dos bombeiros.

6.3.3 A demolição

Após controlado o incêndio, o risco de queda do edifício subsistia e tiveram que se tomar algumas decisões.

O violento incêndio que consumiu a Torre Windsor deixou Madrid em sobressalto várias horas ,no dia seguinte a grande preocupação dos bombeiros e das autoridades competentes Madrilenas era o risco de desmoronamento do edifício.

Para prevenir essa situação, o presidente da Câmara Municipal de Madrid, Alberto Ruiz Gallardón, anunciou a manutenção de um perímetro de segurança em torno do arranha-céus. Isto para que os técnicos da construção do município fizessem uma inspecção que desse garantias da sua estabilidade.

A situação do edifício foi considerada crítica, uma vez que a estrutura da torre não dava mostras de estabilidade nem de equilíbrio. O comandante da polícia de Madrid, Cosantino Mendez, disse ser pouco provável o desabamento do arranha-céus, mas admitiu que fosse necessário destruí-lo porque estava em ruínas.

Uma vez que existia a necessidade de se proceder á demolição da Torre, este processo teria de ser muito delicado, ou seja, a operação de demolição teria que ser muito delicada, devido ao facto de a torre estar situada em pleno centro financeiro da cidade e rodeada de outros imóveis. As fortes infra-estruturas e alicerces da construção são as razões que explicam o facto de o arranha-céus ter resistido à queda.

Segundo um grupo de engenheiros especialistas em fachadas, não se poderia utilizar-se explosivos que derrubassem o edifício, uma vez que este se encontrava localizado numa zona altamente urbanizada, que é um centro de negócios e comércio, além disso no subsolo passa a linha do metropolitano. Assim, a demolição foi executada por etapas, que permitisse a demolição piso a piso.

Logo após o rescaldo do incêndio as autoridades competentes proibiram a entrada num perímetro de segurança de 600 metros do edifício. As autoridades também decidiram que o edifício teria que ser demolido.

As autoridades investigaram as condições do solo ao redor do edifício, a fim de se certificar que o terreno não cedia devido a carga de um guindaste que seria necessário construir para se realizar a demolição do edifício. Assim numa via que passa no subsolo foi necessário recorrer à colocação de uma estrutura em aço no subsolo a fim de reforçar o solo, como se pode observar na figura 6.5.



Figura 6.5: Colocação de estrutura de aço no subsolo para suportar a carga de um guindaste ao nível do solo (Ikeda K. e Sekizawa Ai, 2005)

A demolição foi executada com recurso a três guindastes e maquinaria de corte e também foi utilizado o método de água para remoção.

As autoridades previram á data um período de 10 a 12 meses para se concluir a demolição.

No entanto, os trabalhos de demolição foram concluídos no dia 13 de Agosto de 2011, quatro meses antes do previsto. No final do mesmo mês, abriu-se á circulação as ruas adjacentes (Rua Raimundo Fernández Villaverde e o acesso à Republica Argentina).

6.3.4 As causas do acidente

A causa do colapso pode ter sido um acumular de situações nomeadamente a ausência do sistema de “sprinklers”, um sistema de detecção de incêndio e combate a incêndio inadequado e deficiente, falta de protecção das colunas de aço e também falta de desempenho das paredes exteriores. A ausência de spandlers também foi um factor determinante que causou a propagação do incêndio para outros pisos, e tornou este acidente de enorme gravidade.

Na figura 6.6 pode-se verificar do lado direito a presença de spandlers cujos permitem obter uma maior resistência à propagação do fogo para outros pisos do edifício. No entanto, o que se verificou na Torre Windsor é o ilustrado no lado esquerdo da mesma figura, ou seja, a total ausência de spandlers que permite a propagação do fogo para os pisos superiores.

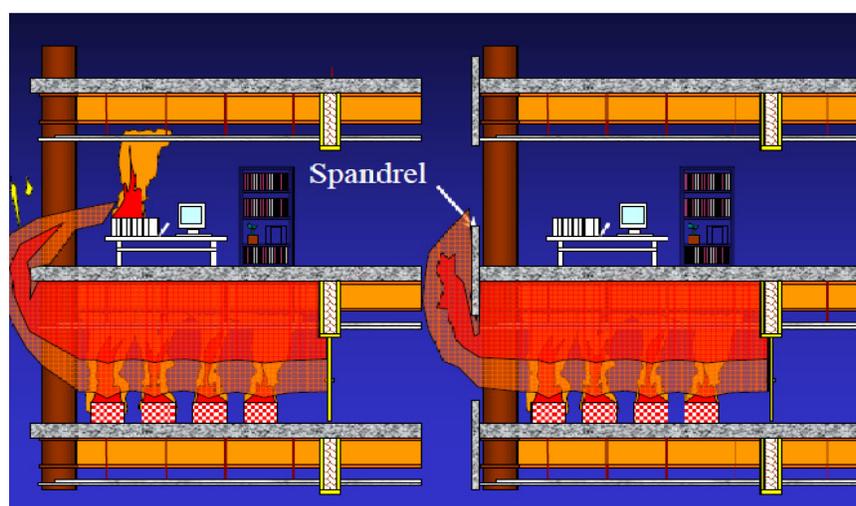


Figura 6.6: Ausência de spandlers na fachada do edifício (Ikeda K. e Sekizawa, 2005)

6.4 Avaliação das consequências do acidente

Irà abordar-se nesta secção o valor das diferentes parcelas de custos, para o colapso da Torre Windsor. Alguns custos não foram possíveis de determinar devido à sua complexidade.

Porém, irá descrever-se quais os custos que se considerou e apurou associados a este acidente.

6.4.1 Custos humanos

Apesar da espectacularidade e das dimensões do fogo – o maior em extensão da história de Madrid – não houve vítimas e apenas tiveram que ser socorridos, e só por inalação de fumo, sete dos 200 bombeiros que durante mais de quinze horas trabalharam na extinção do incêndio.

No momento da deflagração do fogo, por ser sábado e quase meia-noite, não havia ninguém no interior do edifício.

O custo referente a vítimas mortais é zero devido ao facto de não ter havido vítimas mortais, porque felizmente o incêndio deu-se num sábado à noite e não estavam funcionários no interior do edifício.

Quanto a feridos, houve 7 bombeiros que tiveram que ser assistidos por inalação de fumo durante o combate ao incêndio. Este valor foi determinado com base no custo de uma diária de internamento num hospital central português com valores de 2003.

Quanto aos danos morais, a avaliação desta consequência é de difícil quantificação monetária, no entanto, e uma vez que era um edifício de escritórios os danos morais são eventualmente mais baixo tanto para os proprietários, como para os funcionários, se o edifício fosse de habitação, logo este custo não foi considerado.

O Quadro 6.1 resume e quantifica os custos apurados para cada parcela da categoria de custos humanos:

Quadro 6.1: Quadro resumo dos custos humanos

Custos Humanos	€
Vitimas Mortais	0
Feridos	1.536,5
TOTAL	1.536,5

6.4.2 Custos económicos

A análise dos custos económicos é uma tarefa que requer mais perícia uma vez que poderão eventualmente existir custos de abordagem mais exigente, mas que também têm que ser contabilizados.

Custos de salvamento

Estes custos referem-se ao combate do incêndio por parte dos bombeiros durante o tempo do incêndio, até ao seu rescaldo, e à assistência médica no local de 7 bombeiros que inalaram fumo. No entanto este valor já foi considerado na parcela de custos humanos, e para esta parcela irá ser considerado custo nulo.

Custos de limpeza

Os custos de limpeza referem-se essencialmente a custos da demolição do edifício, ou seja a custos de remoção, transporte e depósito dos resíduos de construção e demolição. Segundo informação disponível no jornal “El País” este valor foi de 17.500.000 €.

Custos de gestão de tráfego

Os custos de gestão de tráfego referem-se à inacessibilidade por parte de trânsito rodoviário às vias envolventes do edifício. Este condicionamento teve um custo associado a viagens mais longas por parte dos utentes, logo um maior custo de combustível e de tempo superior de viagem.

Como medida de precaução, a Câmara Municipal de Madrid ordenou a interrupção do tráfego na zona circundante do edifício, uma limitação que se impôs também à linha do metropolitano. Logo, este condicionamento de trânsito causou um custo que não foi contabilizado devido à sua complexidade.

Custos de perda de reputação

Segundo se apurou, o desaparecimento da Torre Windsor não provocou um aumento suplementar das rendas dos escritórios, uma vez que estas sofreram o aumento esperado para o ano de 2005, ou seja 5 a 8%. Logo as empresas afectadas pelo acidente não tiveram prejuízos no que concerne à perda de reputação.

No entanto, as empresas poderiam eventualmente ficar com o nome muito fragilizado no mercado o que poderia causar uma perda de clientes uma vez que estes poderiam perder a confiança nos serviços prestados pelas empresas instaladas no edifício.

De acordo com o registo comercial em 2005, a empresa Asón Inmobiliária de Arriendos conseguiu aumentar o seu lucro líquido de 55%, tendo um lucro líquido de 2,66 milhões de euros em comparação com os 1,71 milhões de euros em 2004. No volume de negócios foram reduzidos drasticamente os

gastos em 2005 para 9,1 milhões de euros face a 19 milhões de euros em 2004 e 18,3 milhões de euros em 2003.

Custo referente à perda de funcionalidade

Os custos referentes à perda de funcionalidade na Torre Windsor foram nulos, ou seja, as empresas sediadas e/ou que estavam a operar no edifício não obtiveram qualquer tipo de prejuízo ou perda de negócio, uma vez que as empresas que operavam no edifício estavam preparadas para este tipo de acidentes.

A zona AZCA é a zona mais cara de Madrid, com preços que oscilam em caso de arrendamento entre os 24 e os 30 euros por metro quadrado e que ascendem ao montante de 6000€ por metro quadrado em caso de venda.

A família Reyzábal, os proprietários do edifício devastado, recebia 500.000 euros por mês por arrendar os 28 pisos do arranha-céus além dos 3 pisos de superfície comercial.

É de realçar que a perda de funcionalidade da empresa pode também estar relacionada com a perda de dados importantes que condicionasse o desenvolvimento normal da actividade, mas todos os documentos de trabalho foram digitalizados e as cópias de segurança foram armazenadas num serviço fora do escritório do edifício e não foram danificadas.

Os 133 empregados da empresa Garrigues afectados pelo incêndio da Torre Windsor trabalharam desde a primeira hora da manhã do dia seguinte num edifício inteligente da IBM e dispunham de todas as comunicações e recursos humanos e computadores necessários para desenvolver a sua actividade com os clientes.

A Garrigues tinha coberto 100% dos danos com várias companhias de seguros, e teve acesso a todos os documentos de trabalho até Dezembro de 2005 num sistema central.

A partir dessa data, os arquivos seriam armazenados em computadores pessoais, muitos dos quais não sofreriam danos por se tratar de computadores portáteis que estariam em casa dos trabalhadores.

Custos de deslocalização temporária

Oitenta e cinco por cento dos trabalhadores que a Deloitte tinha na Torre Windsor laboraram com normalidade nas próprias empresas clientes, e os outros funcionários afectados foram transferidos temporariamente para centros de formação.

A empresa de auditoria Deloitte tinha na Torre Windsor cerca de 1200 dos 3000 empregados que a Deloitte tinha em Espanha e estavam localizados num total de 20 pisos do edifício. Após o incêndio e

num período de alta carga de trabalho para a empresa, 85% desses empregados já estavam a trabalhar com portáteis nas redes das empresas clientes.

O resto do pessoal situado na Torre Windsor, cerca de 180 pessoas, foram inicialmente recolocados num centro de formação, mas a Deloitte entretanto preparou a transferência para um piso na Torre Picasso. Este grupo de trabalhadores correspondia aos departamentos de Recursos Humanos, Comunicação e Marketing e Tecnologia, entre outros.

Este custo não foi contabilizado uma vez que este custo não é significativo para o valor global.

Custos de reparação da estrutura

Uma vez que se procedeu à demolição total do edifício Windsor e que recorreu-se a uma construção de uma nova estrutura, não houve qualquer custo de reparação de estrutura mas sim de substituição de estrutura.

Custos de substituição da estrutura

A Torre Windsor foi valorizada em 84.200.000€ para o ano de 2003.

O aumento médio no preço de mercado por metro quadrado em Madrid em 2004 foi de 12,5% no mínimo o que representa que o edifício Windsor realmente vale por referencia 84,2 milhões de euros em 2003, e quase 95 milhões de euros para 2004 e deve ser acrescentado o aumento para o período de 2005 e as reformas realizadas no complexo ao longo de 2004. Assim as perdas correspondem a um valor de mercado superior a 100 milhões de euros mais 60 milhões de euros para a nova construção (Ripoll, 2005).

Custos de perda de valor das acções

Os custos devido a prejuízos no mercado bolsista inerente à perda de produção é uma avaliação que requer uma perícia económica, e visto que a empresa aumentou ainda assim os seus lucros, as acções das empresas instaladas na Torre Windsor não sofreram qualquer tipo de alteração negativa.

Efeitos económicos regionais

O comércio na zona foi proibido até à quarta-feira seguinte, logo este aspecto trouxe uma quebra no negócio ao redor da Torre Windsor.

Dois meses após o incêndio que destruiu o edifício Windsor, os efeitos e danos colaterais do maior sinistro registado na capital tanto em extensão como em altura (26.000 metros quadrados e 106 metros de altura) continuaram. As causas que levaram à catástrofe ao fim de dois meses ainda eram desconhecidas. Passado este tempo os comerciantes ao redor do edifício estimaram a perda de 10.000 clientes por dia, segundo um estudo realizado pela Conmetria Knight Frank.

Custos de investigação

Os custos de investigação referem-se essencialmente ao apuramento das causas do incêndio que deflagrou no edifício Windsor. O relatório da investigação foi elaborado pelo Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC), mas não facultou o valor global do custo da inspecção. A empresa teve trabalhos “in loco” e também trabalhos de laboratório.

Uma outra parcela que se pode inserir nos custos de investigação é referente às inspecções que se poderão desenvolver a outros edifícios de modo a que se apure se os mesmos edifícios têm capacidade de reagir a incêndios, ou seja, esta parcela representa o custo de verificação e fiscalização a outros edifícios do funcionamento do seu sistema de segurança contra incêndios.

Assim, no que concerne ao caso em estudo a Comunidade de Madrid após o acidente da Torre Windsor elaborou um plano de prevenção e extinção de incêndios em edifícios com mais de dez andares. O objectivo principal foi inspeccionar os imóveis de modo a que se verificasse se está garantido o cumprimento das normas de segurança evitando assim sinistros como o que destruiu a Torre Windsor.

A Torre Windsor estava em obras constantes há mais de um ano, de entre as intervenções de que estava a ser sujeito procedia-se à instalação de uma terceira escada de incêndios.

A presidente da comunidade de Madrid, Esperanza Aguirre, deu instruções ao vice - presidente e conselheiro da justiça e do interior da comunidade de Madrid, Alfredo Prada para se estabelecesse de imediato um plano de prevenção e extinção de incêndios para edifícios da região com mais de dez andares de altura, onde não fosse possível o acesso das escadas dos bombeiros.

Com esta iniciativa pretendeu-se que fosse garantido que os sistemas de alarme contra incêndio funcionassem na perfeição nos numerosos edifícios altos que há na comunidade de Madrid, quer sejam edifícios de habitação, quer sejam de escritórios. Uma vez que este custo não foi facultado pela empresa, este não foi contabilizado. O Quadro 6.2 resume os custos económicos apurados.

Quadro 6.2: Quadro resumo dos custos económicos

Custos económicos	€
Custos de salvamento	0
Custo de limpeza/demolição	17.500.000 (jornal “ <i>El Pais</i> ”, 2005)
Custos de perda de reputação	0
Perda de funcionalidade	0
Reparação da estrutura	0
Substituição da estrutura/conteúdo	160.000.000 (Ripoll, 2005)
Efeito das acções	0
TOTAL	177.500.000

6.4.3 Custos sociais, ambientais e políticos

Emissões de CO₂ e consumo de energia

Nesta parcela entram as emissões de CO₂ que foram emitidas para a atmosfera de veículos motorizados referentes aos desvios que estes tiveram que fazer por causa da existência de acessos condicionados e cortados.

É de referir também que foram emitidas quantidades significativas de CO₂ referentes ao fabrico de materiais de construção para a construção da nova Torre.

Por fim nesta parcela também são considerados os lançamentos de fumo para atmosfera aquando a ocorrência do incêndio.

Custos de transporte e de combustível

Quanto aos custos de transporte e de combustível, é de referir que o metro ficou encerrado logo os utentes utilizaram temporariamente o automóvel para se deslocarem. Assim como houve um gasto maior de combustível devido ao condicionamento de tráfego nas vias envolventes ao edifício Windsor.

Lançamentos tóxicos

O valor gasto com lançamentos tóxicos foi nulo, uma vez que não houve elementos tóxicos libertados, e que pudessem por em causa a saúde da população.

Estudos e reparos ambientais

Não se conseguiu apurar se foram realizados estudos e/ou reparos ambientais, no entanto e vendo a natureza do sinistro eventualmente não houve qualquer tipo de custo referente a esta parcela.

Por conseguinte, os custos ambientais devido à sua complexidade de análise, não foram contabilizados nesta avaliação.

Custos políticos

Os custos políticos associados ao colapso da Torre Windsor referem-se a prejuízos em termos eleitorais.

Estava em curso a candidatura de jogos olímpicos de Madrid 2012, e é de extrema importância salientar e reflectir até que ponto a organização estaria condicionada pelo acidente na Torre Windsor.

6.4.4 Custos totais

O Quadro 6.3 resume os custos de cada parcela e custo global do colapso da Torre Windsor. Estes custos são insuficientes, uma vez que não se conseguiu apurar todos os custos que realmente este acidente provocou.

Quadro 6. 3: Custos globais

<u>Custos globais</u>	€
Custos humanos	1536,50
Custos directos	177.500.000,00
Custos ambientais, sociais e políticos	Não contabilizados
TOTAL	177.501.536,50

Os custos que não foram contabilizados, ou que não se conseguiram apurar devem-se á sua grande complexidade que está fora do âmbito deste estudo, contudo esses custos poderiam ter sido avaliados com base em dados fornecidos por equipas especializadas para esse fim.

Capítulo 7: Conclusões

A importância da elaboração deste estudo deve-se ao facto de se poder analisar as consequências que um colapso de um edifício pode ter, e por sua vez os prejuízos e custos que essas consequências podem causar a muitos níveis, nomeadamente, à sociedade, aos ocupantes, proprietários, ambiente, e mesmo à classe política. A dimensão desses custos não são por vezes óbvios, e com isso se pretendeu dar a conhecer o quão grave pode ser em termos monetários uma falha estrutural.

Este estudo teve contudo o objectivo de se poder avaliar um custo de modo a que se possa proceder a uma análise custo - benefício no que diz respeito à implementação de questões de segurança, para que estas sejam sustentáveis financeiramente, e o investimento efectuado seja viável.

Assim conclui-se que ao separar os custos em categorias, nomeadamente, custos humanos, custos económicos, custos ambientais sociais e políticos, se recorre a uma análise mais minuciosa e ganha-se uma maior sensibilidade para se comparar em termos monetários o valor de cada um.

Chegou-se à conclusão que é possível a utilização de várias abordagens de cálculo de custos e cada uma baseia-se em factores validos mas que contudo podem não ser suficientes para se apurar o custo real.

Uma vez que este é um trabalho complexo e que requer uma análise muito cuidada, sendo por vezes, necessário o contributo de equipas multi-disciplinares, não foi possível apurar todos os custos que causou o colapso da Torre Windsor. Contudo foi possível abordar formas de calcular e responder a como se chegar ao custo de uma falha estrutural, e apesar do não apuramento de alguns custos pode-se ter a ideia da ordem de grandeza do prejuízo.

O objectivo deste trabalho permite ainda, após a avaliação e abordagem de todos os custos possíveis que uma falha estrutural pode causar, permitir a negociação do valor das indemnizações que as seguradoras teriam de pagar e minimizar os prejuízos causados por um acidente.

É de salientar ainda que para se avaliarem os custos de um colapso de um edifício é relevante elaborar uma estruturação do processo de modo a que se obtenham resultados mais precisos e exactos.

Quanto a desenvolvimentos futuros, de modo a que se elabore uma avaliação de custos mais completa, é necessário obter junto das entidades especializadas, na economia, ambiente etc., dados que tornem esta avaliação mais completa e mais detalhada, de modo a que se obtenha um valor global bastante mais rigoroso e valido.

Bibliografia

Afonso, Paulo Sérgio Lima Pereira – *Sistemas de Custeio no âmbito da contabilidade de custos*. Dissertação de Mestrado apresentada á escola de Engenharia da Universidade do Minho, Fevereiro de 2002.

Calavera, J., Valle, E., Cano, J., Lozano, J., Fernández-Gómez, J., Ley, J. e Izquierdo, J. – *El incêndio del Edificio Windsor de Madrid. Investigación del comportamiento al fuego y la capacidad resistente residual de la estructura tras el incêndio*. Notas de información técnica (NIT). Instituto técnico de Materiales y construcciones – INTEMAC. Dezembro de 2005.

Caldeira, M., Ferraz, A., Quilles, J., Lemos, L., Damaceno, R. e Riva, R. – *Fixação do dano moral*, Revista Mestrado em Direito, Osasco, Ano 7, nº1, 2007, pág. 147-166, Maio de 2007.

Campelo, Filipe Humberto Faria – *Análise dos custos segurados e não segurados dos acidentes laborais numa indústria de construção de pneus*. Dissertação de Mestrado apresentada á escola de Engenharia da Universidade do Minho, Maio de 2004.

Carvalho, A. e Cerqueira, D. – *Estimação da Perda de Produção devido a mortes por causas externas nas cidades Brasileiras*, Ensaios de economia regional e urbana Cap. 3, 2007.

Elvik, Rune – *An analysis of official economic valuations of traffic accident fatalities in 20 motorized countries*, Institute of Transport Economics, Accid. Anal. and Prev. Vol 27, nº2 pág 237-247, 1995.

Faber, M.H. – *Risk and safety in civil, surveying and environmental engineering*, Lecture Notes, Swiss Federal institute of Tecnology Zurich, 2007.

Ikeda, K. e Sekizawa, Ai – *Collapse Mechanism of the Windsor Building by fire in Madrid and the plan for its demolition process*, International workshop on Emergency Response and Rescue, The University of Tokyo, 31 de Outubro a 1 de Novembro, 2005.

Imam, B. e Chyssanthopoulos, M. – *Consequences of failure: Bridges*, Robustnes of Struture, proceeding of the final Conference of Cost Actions TU0601, pág. 169 -188, 2010.

Janssens, V., O'Dwyer D. e Chryssanthopoulos – *Building failure consequences*, Robustnes of Struture, proceeding of the final Conference of Cost Actions TU0601, pág. 189 -204, 2010.

Janssens, Victoria – *Building Failure Consequences*, Trinity college Dublin, 8th MC Meeting and 6th WG Meettings, 4-5 October 2010, Copenhagen, Denmark, 2010.

Kanda J. e Shah, H. – *Engineering role in failure cost evaluation for buildings*, Department of Architecture, University of Tokyo, Structural Safety, vol.10, nº1, pág. 79-90, 1997.

Lourenço, Cristina – *Optimização de sistemas de demolição – demolição selectiva*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Outubro de 2007.

Manual de Sinistralidade de veículos pesados de passageiros – Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, 2008.

Neves, L. e Barbosa, A. – *Segurança Estrutural*, Documento de apoio à disciplina de Segurança Estrutural, Universidade Nova de Lisboa, 2011, 125 pags.

Pandey, M. D. e Nathwani, J. S. – *Life quality index for the estimation of societal willingness-to-pay for safety*, Department of Civil Engineering, Institute of risk research, University of Waterloo, Ontário, Canadá, Structural Safety 26 pág. 181-199, 2004.

Perrin, Joseph – *The economic costs of Culvert Failure*, Civil Engineering Dept., University of Utah, 2003.

Rosa, C. e Lindau, A. – *Custos Humanos em acidentes de trânsito: Valores estimados para investimentos praticados em tribunais*, XVIII Congresso de Pesquisa e ensino em transportes, 2004.

Silva, David Neves – *Análise da incerteza associada a estruturas de madeira*. Dissertação de Mestrado apresentada á Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Julho de 2010.

Timóteo, Rui – *Textos de Apoio, Processo do Trabalho. Anexo VII – Fórmulas para o cálculo de pensões e de indemnizações do Centro de Formação de Oficiais de Justiça*. Direcção Geral da Administração da Justiça. Centro de Formação de Oficiais de Justiça, pág. 209-216. Abril de 2002.

Waugh, William L. – *The political costs of failure in the Katrina and Rita disasters*, The Annals of the American Academy of political and Social Science, 2006.

Wong, S.M., Hobbs, R.E. e Onof, C. – *Element and system risk-based evaluation of highway bridges*, Departmente of Civil Engineering, Imperial College of Science, Technology and Medicine, 2005.

Artigos disponíveis na Internet

Asón Inmobiliaria de Arriendos, s/d, Wikipédia. “online”:
http://es.wikipedia.org/wiki/As%C3%B3n_Inmobiliaria_de_Arriendos

Deloitte, s/d, Wikiédia. “online”:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Deloitte>

Dois vultos na Torre Windsor em chamas, 20 de Fevereiro de 2005, Diário de Noticias.”online”:
http://dn.sapo.pt/Inicio/interior.aspx?content_id=610194

El nuevo Windsor destinará parte de su espacio a superficies comerciales, s/d, Terra Madrid.
“online”:
<http://terranoticias.terra.es/articulo/html/av2246495.htm>

Incendio - La desaparición de Windsor no subirá el alquiler de oficinas más de la media del 5-8% previsto para 2005, 14 de Fevereiro de 2005, Lukor.”online”:
http://www.lukor.com/not_esp/locales/0502/14185540.htm

Incêndio na Torre Windsor está controlado, 13 de Fevereiro de 2005, Diário de Noticias. “online”:
http://www.dn.pt/Inicio/interior.aspx?content_id=609395

Lehay, Stephen – *Anos para medir custo ambiental do Katrina* (2005).”online”:
<http://www.tierramerica.info/nota.php?lang=port&idnews=756>

Lopes, M. - *Maior fogo da história de Madrid*, 14 de Fevereiro de 2005, Diário de Notícias. “online”: http://dn.sapo.pt/Inicio/interior.aspx?content_id=609491

Los dueños del solar del Windsor reciben seis ofertas de compra, 15 de Junho de 2006, El País. “online”: http://www.elpais.com/articulo/madrid/duenos/solar/Windsor/reciben/ofertas/compra/elpiespmad/20060615elpmad_8/Tes

Madrid vai inspeccionar segurança dos edifícios com mais de dez andares, 15 de Fevereiro de 2005, Público. “online”: http://www.publico.pt/Sociedade/madrid-vai-inspeccionar-seguranca-dos-edificios-com-mais-de-dez-andares_1215841

Madrid, Torre Windsor será demolida, 15 de Fevereiro de 2005, Diário de Notícias. “online”: http://dn.sapo.pt/Inicio/interior.aspx?content_id=609617

Mais de 600 espécies de animais são ameaçadas por mancha de óleo no golfo do México, Maio de 201, UOL Notícias – Últimas Notícias “online”: <http://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/afp/2010/05/20/mais-de-600-especies-animais-ameacadas-por-mancha-de-oleo-no-golfo-do-mexico.jhtm>

Planejar as crises ou morrer – Universia Knowledge Wharton, Março de 2005, “online”: <http://www.wharton.universia.net/index.cfm?fa=viewfeature&id=928&language=portuguese>

Reis, Clayton – *Danos morais: fixação do “quantum”* (1999). “online”: <http://www.mauricio.bastos.nom.br/geral/11166-danos-morais-fixacao-do-quantum.html>

Ripoll, António – *Cuánto valia realmente el edificio Windsor*, 2005, CincoDías “online”: http://www.cincodias.com/articulo/opinion/valia-realmente-edificio-windsor/20050317cdscdiopi_4/

The Windsor Tower Fire, Madrid – Madrid, s/d, One Stop in Structural Fire Engineering. “online”: <http://www.mace.manchester.ac.uk/project/research/structures/strucfire/CaseStudy/HistoricFires/BuildingFires/default.htm>

The Windsor Tower, Madrid fire, s/d, Debunking 911. “online”: <http://www.debunking911.com/madrid.htm>

Torre Windsor em risco de derrocada, 14 de Fevereiro de 2005, Diário de Notícias. “online”: http://dn.sapo.pt/Inicio/interior.aspx?content_id=609492

Torre Windsor em situação crítica depois do violento incêndio, 13 de Fevereiro de 2005, TSF. “online”: http://tsf.sapo.pt/PaginaInicial/Internacional/Interior.aspx?content_id=820625

Torre Windsor isolada perante risco de queda, 13 de Fevereiro de 2005, TSF. “online”: http://www.tsf.pt/PaginaInicial/Interior.aspx?content_id=820628

Torre Windsor, 2005, Wikimédia Commons “online”: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Torre_windsor.JPG

Torre Windsor, s/d, Madrid, Wikipédia. “online”: http://es.wikipedia.org/wiki/Torre_Windsor

Veja os principais factos económicos nos dez anos desde o 11 de Setembro, Setembro de 2011, Último Segundo. “online”: <http://ultimosegundo.ig.com.br/11desetembro/veja+os+principais+fatos+economicos+nos+dez+anos+desde+o+11+de+setembro/n1597197722275.html>

Documentos legislativos

DECRETO - LEI nº352/2007 de 23 de Outubro – *Avaliação médico-legal do dano corporal*, 2007

LEI nº100/97 de 13 de Setembro – *Novo regime jurídico dos acidentes de trabalho e das doenças profissionais*, 1997.

Portaria nº 132/2003 de 5 de Fevereiro de 2003 – *Preços a cobrar pelos cuidados prestados no quadro do Serviço Nacional de Saúde*, 2003.