

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES

Núcleo de Planeamento, Tráfego e Segurança

Proc. 0703/541/254

**ESTUDO DE AVALIAÇÃO COMPARADA DAS ALTERNATIVAS DE
LOCALIZAÇÃO PARA O NOVO AEROPORTO DE LISBOA
NA ZONA DA OTA E DO CTA**

ANÁLISE CUSTO - BENEFÍCIO

Relatório Final

Lisboa, Dezembro de 2007

I&D
Transportes

**Estudo de Avaliação Comparada das Alternativas de Localização para o Novo
Aeroporto de Lisboa na Zona da Ota e do CTA**

Análise Custo – Benefício

**Comparative Study Analysis of the Alternative Locations for the New Lisbon
Airport within the Ota and CTA zones**

Benefit – Cost Analysis

**Étude d'Évaluation Comparée des Alternatives de Localisation pour le Nouvel
Aéroport de Lisbonne dans la Zone de l'Ota et de CTA**

Analyse Coûts-Bénéfice

**Estudo de Avaliação Comparada das Alternativas de Localização para o Novo
Aeroporto de Lisboa na Zona da Ota e do CTA**

Análise Custo – Benefício

Resumo

Este relatório constitui uma síntese do trabalho realizado no âmbito da Análise Custo-Benefício (ACB) para o estudo de avaliação comparada sobre a localização do Novo Aeroporto de Lisboa na zona da Ota e do CTA.

ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO	1
2 – METODOLOGIA DE ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO	1
2.1 – ENQUADRAMENTO DA ACB NA AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA.....	1
2.2 – DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA.....	2
3 – CÁLCULO DO VALOR ACTUALIZADO LÍQUIDO	5
3.1 INTRODUÇÃO	5
3.2 PRESSUPOSTOS E DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS.....	6
3.2.1 Projectos de investimento mutuamente exclusivos	6
3.2.2 Investimento aeroportuário.....	7
3.2.3 Cenário base	7
3.2.4 Período da análise.....	7
3.2.5 Entrada em funcionamento do NAL.....	7
3.2.6 Análise comparada.....	7
3.2.7 Custos externos ou externalidades	8
3.2.8 Previsões da procura de tráfego aéreo.....	8
3.2.9 Capacidade projectada de acolhimento de passageiros	8
3.2.10 Procura de transporte de passageiros	8
3.2.11 Passageiros efectivamente transportados	9
3.2.12 Custos de investimento	10
3.2.13 Custos variáveis internos	10
3.2.14 Custo do desvio de passageiros.....	10
3.2.15 Custo operacional do aeroporto por passageiro	10
3.2.16 Custos de congestionamento dos terminais de passageiros de carga.....	11
3.2.17 Custo de acesso terrestre dos passageiros ao NAL pelo modo rodoviário.....	11
3.2.18 Custo de acesso terrestre dos passageiros ao NAL pelo modo ferroviário.....	11
3.2.19 PIB per capita	11
3.2.20 Custos externos do ruído de tráfego aéreo.....	12
3.2.21 Custos dos acidentes rodoviários com vítimas e feridos graves no acesso rodoviário ao NAL de passageiros e carga	13
3.2.22 Custos externos da poluição do ar gerada pelo tráfego de passageiros e carga no acesso rodoviário ao NAL.....	14
3.2.23 Taxa de desconto social.....	15
3.3 CÁLCULO DO VALOR ACTUALIZADO LÍQUIDO CONSIDERANDO OS CUSTOS DE INVESTIMENTO E CUSTOS VARIÁVEIS INTERNOS..	17
3.3.1 Custos de investimento	17
3.3.2 Custos variáveis internos.....	19
3.3.3 O VALint: Valor Actualizado Líquido do investimento considerando custos de investimento e custos variáveis internos	20

3.4 CÁLCULO DO VAL ECONÓMICO CONSIDERANDO OS CUSTOS VARIÁVEIS EXTERNOS, CUSTOS DE INVESTIMENTO E CUSTOS VARIÁVEIS INTERNOS	23
3.4.1 Considerações gerais para o cálculo do VALext	23
3.4.2 Os Custos externos monetarizáveis.....	25
3.4.3 O VALext	26
3.4.4 Custos variáveis externos não monetarizados na ACB	28
4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	30
ANEXO I – ESTIMATIVAS DE FREQUÊNCIAS DE ACIDENTES E VÍTIMAS, PARA O CÁLCULO DOS CUSTOS DE ACIDENTES NO ACESSO RODOVIÁRIO AO NAL.....	35

1 – INTRODUÇÃO

Este relatório descreve sumariamente o trabalho realizado no âmbito da Análise Custo-Benefício (ACB) para o estudo de avaliação comparada sobre a localização do Novo Aeroporto de Lisboa na zona da Ota e do Campo de Tiro de Alcochete (CTA). Este trabalho foi coordenado pelo LNEC, tendo envolvido a participação de um perito nacional em ACB do Instituto Superior de Economia e Gestão, e ainda a colaboração do Institute for Transport Studies da Universidade de Leeds na arbitragem científica e técnica a várias questões metodológicas.

2 – METODOLOGIA DE ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO

2.1 – Enquadramento da ACB na Avaliação Estratégica

Em conformidade com os objectivos do estudo, a Análise Custo - Benefício é aplicada ao nível estratégico da avaliação das duas opções de localização em causa, designadamente na zona da Ota e na do CTA, sendo as duas opções mutuamente exclusivas.

A ACB assenta sobre a metodologia de avaliação estratégica na medida em que se articula e está em dependência directa dos indicadores diferenciadores das duas localizações, que foram quantificados pelas equipas afectas ao conjunto de factores críticos para a decisão (FCD) em estudos sectoriais. A interligação entre a ACB e a Avaliação Estratégica (AE), tal como representada na Figura 1, exigiu uma interacção interdisciplinar contínua, de forma a se materializarem os indicadores para cada critério de avaliação.

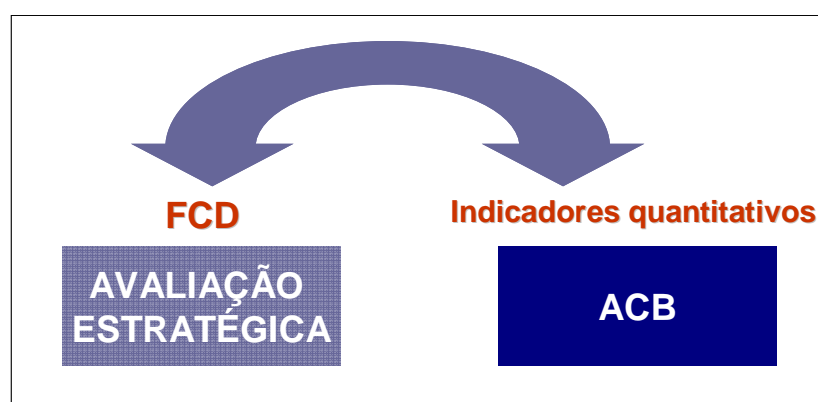


Figura 1: Interação entre a ACB e a Avaliação Estratégica.

2.2 – Descrição da Metodologia

A escolha da metodologia de ACB teve em conta a sua adequação ao nível de abordagem e focagem da análise comparada e suas características. Esta escolha teve necessariamente como ponto de partida a informação existente que pudesse servir de denominador comum à análise comparada das duas opções de localização, garantindo assim a coerência interna de pressupostos. Por último, considerou-se o tempo disponível para a análise, em articulação com os resultados que foram sendo obtidos nos estudos sectoriais, que fundamentariam também a escolha dos indicadores quantitativos diferenciadores das opções.

Em conformidade, compatível com o nível estratégico e o contexto de partida, adoptou-se a metodologia de ACB proposta por Jorge e Rus (2004) para a avaliação de investimentos de infra-estruturas aeroportuárias, uma vez que se trata de uma metodologia prática já validada do ponto de vista científico. Tal como salientam os autores, esta abordagem permite uma avaliação de projectos de investimentos aeroportuários de forma rápida em situações de tempo, informação ou recursos limitados.

Existem vários critérios para a análise de rentabilidade de investimentos, tais como o Valor Actualizado Líquido (VAL), o rácio Benefícios/Custos e a Taxa Interna de Rendibilidade. Basicamente, a abordagem de Jorge e Rus (2004) consiste em substituir a estimação directa dos vários componentes do VAL (variações dos excedentes do consumidor e do produtor, externalidades, variações nos impostos) pela comparação do uso de recursos produtivos pelos vários projectos de investimento em análise.

A metodologia de Jorge e Rus (2004) considera apenas os custos variáveis internos da actividade de um aeroporto, operacionalizando três conceitos-chave: custos de desvio de tráfego, custos operacionais do aeroporto e custos de congestionamento do terminal de passageiros.

Um aeroporto tem um limite de capacidade que é fixado simultaneamente pela infraestrutura *airside*, expressa pelo número de pistas, e pela infraestrutura *landside* (terminal de passageiros, o qual está sujeito a congestionamento). A capacidade da infraestrutura *airside* condiciona a frequência dos voos e o atraso imposto a um passageiro, em termos da diferença temporal entre o momento em que este deseja partir e o momento em que existe um voo disponível para tal. Estima-se que o funcionamento do terminal entra em ruptura quando a sua utilização por passageiro excede cerca de 4/3 do nível médio de utilização. Se a capacidade do aeroporto é largamente excedida, existem passageiros que desejam viajar

numa determinada hora e que o não podem fazer. Estes passageiros são “desviados” para uma alternativa de viagem menos conveniente: um voo 2 horas ou 3 horas mais tarde no mesmo aeroporto; um voo com partida noutra aeroporto; ou a utilização alternativa, se possível, de outro modo de transporte em substituição (rodoviário ou ferroviário). Nestas situações, os passageiros são penalizados em tempo de viagem e conseqüentemente com custos associados. Se a alternativa de viagem for muito desfavorável, eles poderão desistir da mesma ou ser “dissuadidos” de viajar. O tráfego “desviado” e “dissuadido” é tratado em conjunto na metodologia de ACB de Jorge e Rus (2004), atribuindo-se a cada passageiro nestes casos uma penalização temporal fixa (corresponde ao tempo de espera por um voo alternativo, pela deslocação para outro aeroporto ou pelo recurso a um modo de transporte menos rápido).

No que se refere aos custos de congestionamento dos terminais de passageiros, assume-se que estes funcionam a um nível médio de ocupação, que lhes permite fazer face a períodos de ponta, sem que isto implique um acentuado desperdício de recursos. Um nível de utilização superior ao médio impõe a cada passageiro uma penalização de tempo na sua deslocação pelo terminal.

Em relação aos custos operacionais médios do aeroporto e sua variação com o número de passageiros, faz-se a distinção entre “economias de densidade”, visíveis quando uma dada infraestrutura é usada por um maior número de passageiros, e as designadas “economias de escala”, menos evidentes mas que vão no sentido usual de redução dos custos operacionais médios com o aumento da capacidade do aeroporto. Supondo que os custos operacionais por passageiro são 10 euros quando a capacidade do aeroporto é plenamente utilizada, se ocorre um aumento de capacidade percentual de x , o custo operacional médio sofre um acréscimo percentual de $x/2$. Este acréscimo é progressivamente eliminado à medida que a nova infraestrutura evolui para uma plena utilização.

Esta metodologia permite calcular de forma expedita um indicador da rendibilidade do investimento que é o Valor Actualizado Líquido Económico (VAL) do Novo Aeroporto de Lisboa em cada uma das localizações. Basicamente, se o VAL for positivo é economicamente justificável que seja empreendido o Novo Aeroporto de Lisboa (NAL).

A ACB não visa obter o investimento óptimo, mas sim avaliar a viabilidade do investimento. Compara-se a corrente de custos de cada localização com a corrente de custos do cenário de referência, que usualmente corresponde ao cenário “do-nothing”, de não investimento. Em conformidade, os custos inerentes do cenário de referência podem funcionar como

benefícios para o investimento no NAL em cada uma das localizações em confronto, obtendo-se benefícios líquidos.

Os valores de custos e benefícios são calculados ao longo do ciclo de vida do projecto, considerando-se o ano de 2017 como o de entrada em funcionamento e o ano de 2050 como o ano da liquidação do projecto de investimento (usualmente designado de final da sua vida útil). Os valores monetários são expressos a preços constantes, sendo referidos ao ano de 2007.

Como indicadores para a análise de rentabilidade do investimento, realiza-se o cálculo do VAL económico – Valor actualizado líquido do investimento em duas situações:

- Cálculo do VAL, considerando custos de investimento e custos variáveis internos (VALint);
- Cálculo do VAL, considerando para além dos custos de investimento e custos variáveis internos os custos externos ou externalidades que foram passíveis de quantificação (VALext).

O cálculo do VALext, integrando como indicadores os custos marginais de externalidades significativas ao nível estratégico da avaliação, visa incorporar no indicador de rentabilidade do investimento uma perspectiva de sustentabilidade mais ampla. Todavia, a sua interpretação encerra limitações já que nem todos os FCD são passíveis de monetarização na situação em análise (é caso da biodiversidade e conservação da natureza e dos recursos hídricos subterrâneos, entre outros).

Em termos relativos, nota-se que o indicador VALext está associado a uma maior incerteza, quando comparado com o indicador VALint. Esta maior incerteza decorre essencialmente da necessidade de transferir custos marginais ambientais de estudos de referência realizados noutros países dado o hiato em matéria de estudos de avaliação económica de externalidades em Portugal que possam ser reveladores das preferências e comportamentos (actuais e futuros) de consumidores e produtores. Os custos marginais dos vários efeitos externos podem ser estimados através da realização de inquéritos de preferência declarada, e de subsequentes trabalhos de modelação de escolha discreta (Arsenio, 2006).

Nota-se que a metodologia aplicada no âmbito do presente estudo está centrada no investimento no sistema de infra-estruturas de transporte aéreo, que obviamente inclui a sua ligação à rede de acessibilidades rodo e ferroviária de nível estratégico. Em conformidade,

não se consideram na análise quer os benefícios de possíveis receitas de actividades económicas complementares ao serviço de transporte aéreo quer os respectivos custos de construção e operação, nem os seus efeitos externos. A melhor prática em termos de ACB de investimentos de transportes recomenda precisamente que se exclua do cálculo do VAL estas actividades secundárias, pois em muitas situações o VAL do investimento é negativo ou de dimensão reduzida, mas torna-se positivo ou de dimensão significativa quando o investimento está interligado a actividades complementares.

Para estimar os benefícios económicos do projecto, a análise considera as alterações reais do custo dos recursos, não incluindo transferências (e.g. das receitas do tráfego aéreo) nem efeitos indirectos (e.g. a valorização da propriedade e outros impactos macro-económicos ao nível regional). O indicador de rentabilidade VAL é assim um indicador para a utilização de recursos produtivos.

3 – CÁLCULO DO VALOR ACTUALIZADO LÍQUIDO

3.1 Introdução

A comparação entre as duas opções de investimento aeroportuário (Ota e CTA) é realizada através do critério do Valor Actualizado Líquido (VAL), que constitui um indicador de rentabilidade.

Adoptando a metodologia de ACB proposta por Jorge e Rus (2004), o VAL de um investimento numa infra-estrutura aeroportuária pode ser definido através da seguinte expressão:

$$VAL = \frac{\sum_{i=1}^{i=T} (\Delta EC_i + \Delta EP_i)}{(1+t)^i} - INV,$$

assumindo que os custos e benefícios do projecto de investimento decorrem entre o ano 1 e o ano T que corresponde ao final da vida útil do projecto, INV corresponde aos custos de investimento no NAL ao longo do período T actualizados para o ano de início da construção (ano 0), ΔEC_i é a variação do excedente no consumidor no ano i (i=1, T), ΔEP_i é a variação do excedente no produtor no ano i (i=1, T), e t a taxa de desconto no ano i (i=1,T).

A alteração do excedente no consumidor (e.g. utentes do NAL) pode ser estimado pela expressão:

$$\Delta EC_i = \frac{1}{2} \cdot (C_{i0} - C_{i1}) \cdot (D_{i0} + D_{i1})$$

$$C_i = p_i + \tau_i,$$

em que C_{i0} e C_{i1} representam o custo generalizado no ano i sem investimento e com o investimento respectivamente; D_{i0} é a procura de passageiros no ano i sem investimento, D_{i1} é a procura de passageiros no ano i com investimento, p_i é o preço total da viagem incluindo taxas de aeroporto, custos de acesso e egresso ao aeroporto, τ_i é o valor total do tempo de viagem (acesso/egresso, viagem e tempo de espera).

A alteração do excedente no produtor é igual a:

$$\Delta EP_i = p_{i1} \cdot D_{i1} - p_{i0} \cdot D_{i0} + CT_{i0}(D_{i0}) - CT_{i1}(D_{i1}),$$

em que $CT_{i0}(D_{i0})$ e $CT_{i1}(D_{i1})$ representam, respectivamente os custos variáveis totais na ausência de investimento e com investimento. As restantes variáveis mantêm a designação da equação anterior.

Às variações dos excedentes do produtor e do consumidor assim definidas, juntam-se os custos e benefícios externos monetarizáveis relativos aos indicadores quantitativos diferenciadores das opções em análise.

O cálculo do VAL do investimento no NAL tem associado um conjunto de pressupostos que se apresentam em seguida, a par das variáveis chave e demais parâmetros subjacentes à ACB.

3.2 Pressupostos e Definição de Variáveis

3.2.1 Projectos de investimento mutuamente exclusivos

Os dois projectos de investimento em análise são mutuamente exclusivos (exclusividade estrita).

3.2.2 Investimento aeroportuário

A ACB considera o projecto de investimento como o sistema constituído pela infra-estrutura aeroportuária e a sua ligação à rede de transportes de nível estratégico (acessos às redes projectadas de Alta Velocidade Ferroviária e serviços de shuttle e às Auto-Estradas), para o acesso/egresso de passageiros e carga ao NAL.

3.2.3 Cenário base

O cenário base corresponde ao cenário “do-nothing”, equivalente a manter inalterada a situação do actual aeroporto de Lisboa. Não se consideram planos de investimento de expansão até 2017. Considera-se a rede rodoviária existente e projectada pelo Plano Rodoviário Nacional e a rede ferroviária prevista de Alta Velocidade Ferroviária entre Porto-Lisboa-Madrid.

3.2.4 Período da análise

A análise de rendibilidade subjacente ao cálculo do VAL é realizada ao longo de um período de análise entre 2008 e 2050, ou seja até ao designado final da vida útil (ou económica) da infra-estrutura. Considera-se ainda três anos intermédios na análise - 2022, 2030 e 2040, correspondendo a quatro períodos intermédios entre 2017 e 2050. Os benefícios e custos são actualizados a preços constantes de 2007.

3.2.5 Entrada em funcionamento do NAL

Nas duas opções em análise, o NAL entra em funcionamento em 2017. Em simultâneo, o aeroporto de Lisboa na Portela é desactivado. Não se considera o valor residual deste investimento nas duas opções de localização, uma vez que não é factor diferenciador na análise.

3.2.6 Análise comparada

A análise centrou-se nas componentes de custo identificadas pelas equipas sectoriais que constituíssem factores diferenciadores das duas opções de localização, não se incluindo aquelas cujo custo estimado e incerteza foi considerada equivalente em ambos os locais.

3.2.7 Custos externos ou externalidades

Para o cálculo das externalidades a ACB considerou como inputs os indicadores quantitativos das equipas sectoriais, remetendo-se por isso a sua análise e justificação técnica para os respectivos capítulos (*vide* vários FCD - Factores Críticos de Decisão).

3.2.8 Previsões da procura de tráfego aéreo

As previsões da procura de transporte aéreo e de tráfego rodo e ferroviário, subjacentes à análise, foram consideradas constantes nos vários períodos da análise (3.2.4), não tendo sido estudada a variabilidade de factores contextuais quer ao nível da indústria de transporte aéreo, quer ao nível da integração das políticas de transporte e ambiente, na alteração desses cenários de previsão.

3.2.9 Capacidade projectada de acolhimento de passageiros

Considerou-se que a capacidade projectada pelo Reference Master Plan (Capacidade do terminal de passageiros em Parsons FCG, 2007) para a OTA se aplicaria ao CTA, uma vez que a análise comparada assume características idênticas para os mesmos.

Quadro 1: Resumo das estimativas da capacidade projectada

	2017	2022	2050
Passageiros por ano [10^6 pax]	19,1	21,9	42,8
Movimentos aéreos por ano	181,901	198,076	317,214

Fonte: Parsons-FCG, 2007. Passageiros Shengen e Não Schengen.

3.2.10 Procura de transporte de passageiros

Considerou-se que as previsões de tráfego de passageiros para a Ota realizadas pela Parsons FCG (2007) para o NAER se aplicariam também para o caso do CTA (Quadro 2).

Quadro 2: Previsão da Procura de Transporte de Passageiros

Tipo de Passageiros→		Não-Schengen	Schengen	Em trânsito/Transfer	Total
Procura de Passageiros	2006	4 077,083	8 042,228	184,946	12 304,257
	2010	4 971,067	9 453,382	165,002	14 589,451
	2017	6 945,843	12 107,569	288,670	19 342,081
	2020	7 824,700	13 003,432	313,302	21 141,434
	2022	8 306,942	13 605,730	327,826	22 240,498
	2030	10 319,677	16 679,896	406,331	27 405,904
	2040	13 756,068	21 711,480	541,596	36 009,144
	2050	16 511,693	26 322,786	648,456	43 482,935
Taxa de crescimento média anual	2006	N/A	N/A	N/A	N/A
	2010	5,1%	4,1%	-2,8%	4,4%
	2017	4,9%	3,6%	8,3%	4,1%
	2020	4,1%	2,4%	2,8%	3,0%
	2022	3,0%	2,3%	2,3%	2,6%
	2030	2,7%	2,6%	2,7%	2,6%
	2040	2,9%	2,7%	2,9%	2,8%
	2050	1,8%	1,9%	1,8%	1,9%
Distribuição	2006	33,1%	65,4%	1,5%	100,0%
	2050	38,0%	60,5%	1,5%	100,0%

Fonte: Parsons-FCG, 2007.

3.2.11 Passageiros efectivamente transportados

Para o cálculo dos passageiros efectivamente transportados e admitindo que o terminal de passageiros funciona a um nível de serviço médio, a sua capacidade máxima é aproximadamente igual a 4/3 da sua capacidade média (C).

O número de passageiros efectivamente transportados (D_{efect}) pode ser então calculado através de:

$$D_{\text{efect}} = \min\left\{D, \frac{4}{3} \cdot C\right\}$$

O cálculo dos passageiros desviados que tiveram de recorrer a um voo mais tardio, devido à falta de capacidade do aeroporto, é assim determinado pela diferença entre a procura de transportes de passageiros e os passageiros efectivamente transportados.

3.2.12 Custos de investimento

Os custos de investimento incluem as despesas em capital fixo e em capital circulante que estão directamente associadas ao investimento aeroportuário (definido em 3.2.2), e que são diferenciadoras das duas localizações em comparação.

Estes custos, e respectivos pressupostos, encontram-se já detalhados no relatório do FCD7 - Análise Financeira.

3.2.13 Custos variáveis internos

De acordo com a metodologia de ACB proposta por Jorge e Rus (2004), os custos variáveis internos do investimento aeroportuário compreendem as seguintes componentes: a) Custo do desvio de passageiros; b) Custos operacionais; c) Custos de Congestionamento dos terminais de passageiros; d) Custo do acesso rodoviário ao aeroporto; e) Custo do acesso ferroviário ao aeroporto.

3.2.14 Custo do desvio de passageiros

Assume-se que cada passageiro que não pode ser transportado de acordo com o horário devido à escassez da infra-estrutura aérea do Aeroporto deve esperar 3 horas (tempo de espera até se libertar um slot da pista, tempo de viagem para outro aeroporto, acréscimo de tempo de viagem por outro modo de transporte). O custo por passageiro desviado é 3 vezes o valor do tempo (VoT). O VoT é de 25 €/hora em 2008, a que acresce um factor de aumento de 1,5% ao ano para as datas posteriores a 2008. Considera-se ainda, para efeitos da análise de sensibilidade, a elasticidade inter-temporal do valor do tempo de 1,0 em relação ao PIB per capita.

3.2.15 Custo operacional do aeroporto por passageiro

No caso da capacidade do terminal de passageiros estar plenamente utilizada considera-se o valor recomendado de 10 € por passageiro efectivamente transportado (Jorge e Rus, 2004).

3.2.16 Custos de congestionamento dos terminais de passageiros de carga

De acordo com a metodologias de Jorge e Rus (2004), considera-se que a penalidade que um terminal congestionado impõe aos que o frequentam é de 10 min (1/6 da hora). Os custos podem ser estimados considerando a capacidade projectada de acolhimento (C) e a procura efectiva (D_{efect}):

$$\left\{ D_{\text{efect}} \cdot VoT \cdot \frac{1}{6} \right\} \text{ se } D_{\text{efect}} > C; 0 \text{ caso contrário.}$$

3.2.17 Custo de acesso terrestre dos passageiros ao NAL pelo modo rodoviário

É calculado através da seguinte expressão:

$$C_{\text{road}} = \tau \cdot VoT \cdot D_{\text{efect}} \cdot r_{\text{mod}},$$

em que τ é o tempo médio de viagem no acesso rodoviário entre o centro de Lisboa e o NAL, e r_{mod} o coeficiente de repartição modal (0,7). Tanto no caso da Ota como do CTA considera-se que τ é de 0,5 hora, dado que o diferencial das distâncias (km) e respectivos tempos de viagem por auto-estrada se pode considerar desprezível.

3.2.18 Custo de acesso terrestre dos passageiros ao NAL pelo modo ferroviário:

É dado por:

$$t_{\text{acesso}} \cdot VoT \cdot D_{\text{efect}} \cdot (1 - r_{\text{modal}}),$$

Em que t_{acesso} é o tempo de acesso de cada passageiro pelo modo ferroviário. No caso da Ota, é de 0,4 da hora, ao passo que no CTA é de 0,475 da hora. Estes valores foram fornecidos pela RAVE, e decorrem da frequência prevista de serviço (Shuttle) ao NAL de quatro comboios por hora, ao qual se adiciona um tempo de espera médio de 7,5 min (ida/volta).

3.2.19 PIB per capita

Para estimar os acréscimos reais de valores de custos externos, considerou-se a elasticidade inter-temporal do respectivo valor relativamente ao PIB per capita. Para tal utilizaram-se as projecções do PIB do INE até 2050, tendo sido considerado o cenário base

nacional que aponta para uma convergência real de Portugal com a média da EU. Foram calculadas as taxas de crescimento do PIB per capita para cada intervalo.

3.2.20 Custos externos do ruído de tráfego aéreo

Tendo em conta os impactes do ruído, designadamente na saúde humana (Organização Mundial de Saúde, 1999) e os custos sociais associados à perda de qualidade de vida e de produtividade da população, assume-se na análise a óptica da prevenção da exposição da população ao ruído ao longo do período 2008-2050.

O indicador que se utiliza nesta análise estratégica é a população exposta a classes de ruído L_{den} (nível sonoro-entardecer-diurno) superior a 55 dB(A), considerando-se, na óptica referida de prevenção de danos, ser este o nível de incomodidade a partir do qual os efeitos do ruído estão associados a custos sociais significativos.

Para caracterizar o cenário base da ACB (cenário “do-nothing”) referente à exposição ao ruído da população na situação actual, considerou-se o estudo da ANA (2007) no âmbito da elaboração do mapa estratégico do ruído para o aeroporto de Lisboa. O número aí estimado de pessoas residentes em toda a área envolvida pela isófona superior a um L_{den} de 55 dB(A) é de 76200 habitantes, o que representa uma dimensão considerável. O aeroporto de Lisboa, como grande infra-estrutura de transporte aéreo, excede actualmente os 50000 movimentos/ano e está sujeito a restrições várias de operação, conforme refere a Portaria nº 303-A de 22.03.2004.

A previsão da população exposta às várias classes de ruído, entre 2017 e 2050, para os casos da Ota e CTA foi objecto de um estudo sectorial específico efectuado pelo LNEC. A população estimada para cada localização é considerada como dado de entrada na ACB.

Para a valoração monetária dos impactes, consideraram-se os valores de referência para Portugal por Bickel *et al.* (2006), de 37 € por ano por pessoa exposta a níveis $L_{den}>55$ dB(A) (preços de 2002 expressos em paridade do poder de compra). Entre 2017 e 2050, os acréscimos reais do valor do ruído (VoN) foram obtidos através da consideração de uma elasticidade inter-temporal unitária de 1 em relação ao PIB per capita. Posteriormente, para efeitos da análise de sensibilidade foi testada uma elasticidade inter-temporal do VoN de 0,7 relativamente ao PIB per capita, conforme recomendado (Comissão Europeia, 2006).

3.2.21 Custos dos acidentes rodoviários com vítimas e feridos graves no acesso rodoviário ao NAL de passageiros e carga

A variação esperada do número de acidentes com vítimas do acesso rodoviário ao NAL respeita aos impactes do tráfego adicional gerado pela infraestrutura aeroportuária entre cada localização e o centro de Lisboa. A estimativa das frequências esperadas de acidentes foi realizada pelo LNEC utilizando modelos de frequência de acidente estimados para auto-estradas portuguesas (Anexo I). Para tal, utilizou-se a previsão de tráfego médio diário anual por percurso de acesso ao NAL em cada localização, entre 2017 e 2050 (dados obtidos do FCD – Sistema de Transportes Terrestres e Acessibilidades).

Os custos de acidentes compreendem custos económicos directos (custos médicos e de reabilitação, danos materiais, entre outros), custos económicos indirectos (perda de produção devido à morte prematura, dias de doença, etc.) e um valor da segurança *per se* (valor do risco de óbito) que corresponde ao valor da variação marginal no risco de acidente mortal ou com danos corporais. O valor da segurança *per se* é quantificado na bibliografia de referência como o Valor da Vida Estatística (VVE). O VVE diz respeito à avaliação da variação da frequência esperada de acidente fatal, e não ao valor da vida propriamente dita a qual obviamente não tem preço de mercado. Para estimar este valor pode recorrer-se a várias técnicas de preferências reveladas e declaradas.

Os actuais custos do seguro automóvel não correspondem ao risco esperado (estatístico) para cada utilizador da rede. Para o cálculo dos custos de acidentes seguiram-se as recomendações do projecto europeu HEATCO que inclui um conjunto harmonizado de valores de referência para um conjunto de países europeus. Para o caso de Portugal, o VVE aí estimado foi de 730 000 € (acidente com vítima) e 95 000 € (acidente com feridos graves). O custo esperado de evitar um acidente rodoviário, já incluindo também os custos directos e indirectos é de 803 000 € (acidente com vítima) e 107 400 € (acidente com feridos graves), a preços de 2002 expressos em paridade do poder de compra

Para expressar os acréscimos de valor no horizonte em análise utilizou-se uma elasticidade inter-temporal unitária relativamente à taxa de crescimento do PIB per capita.

3.2.22 Custos externos da poluição do ar gerada pelo tráfego de passageiros e carga no acesso rodoviário ao NAL

De acordo com o relatório Stern (HMT, 2007), o sector dos transportes contribui com 14% para as emissões globais de gases com efeito de estufa, sendo 76% destas emissões originada pelo transporte rodoviário e 12% pelo transporte aéreo.

Na ACB assume-se que as emissões de poluentes do transporte aéreo são iguais nas duas opções de localização, uma vez que se assume no horizonte em análise o mesmo número de voos e distribuição temporal, tecnologia e condições atmosféricas similares. Em conformidade, para efeitos da análise não é necessário quantificar os custos externos associados emissões de CO₂ originadas pelo tráfego aéreo, uma vez que não é critério de diferenciação das opções de investimento. Para efeitos da análise, são consideradas duas componentes:

- a) custo das emissões de poluentes (NO_x, PM_{2.5}, SO₂, VOCs, NH₃) gerado pelo tráfego adicional rodoviário no acesso ao NAL (impactes à escala regional);
- b) custo das emissões de CO₂ (impactes globais, tendo em conta a produção de combustível e tecnologia/motor).

Para estimar a) consideraram-se os custos externos obtidos pelo projecto CAFE CBA e HEATCO, considerando os impactes de um veículo.km adicional, de uma dada categoria representativo da situação média europeia (factores de emissão médios para os vários poluentes). Os custos actualizados a preços de 2017 (expressos em €/100 por veículo.km) considerados na análise são: 0,01 (Ligeiros de Passageiros), 0,02 (Táxi), 0,03 (Ligeiro de Mercadorias), 0,21 (Bus), 0,23 (Pesados). Estes custos foram actualizados anualmente até 2050, considerando uma taxa média de 1,5%.

Para estimar os custos das emissões totais, consideraram-se os indicadores estabelecidos no FCD relativo às acessibilidades, designadamente no quantitativo de veículos.km (passageiros e carga) previstos entre 2017-2050 gerados no acesso e egresso de passageiros e carga a cada localização. Para efeitos do cálculo do VALext, consideraram-se as previsões de tráfego que correspondem ao cenário B, uma vez que as previsões de veículos. km não apresentam diferenças significativas entre cenários alternativos.

Para calcular os custos das emissões de CO₂ utilizou-se a seguinte metodologia:

- Cálculo dos factores de emissão em g/km CO₂ para cada categoria de veículo, utilizando os modelos estimados do projecto europeu MEET e COPERT. Assumindo

uma velocidade média do tráfego de 80 km/h, obtiveram-se os seguintes factores de emissão de CO₂: a) Veículos ligeiros a gasolina: 141,30 g/km; b) Veículos ligeiros de passageiros a diesel (considerou-se Táxi): 133,84 g/km; c) Veículos ligeiros de mercadorias: 198,61 g/km; d) Veículos pesados: 410,78 a 771,68 g/km; e) Autocarros: 637,41 g/km; estes valores foram assumidos para o parque automóvel em 2017.

- Para estabelecer possíveis reduções destes factores de emissão em função da evolução da tecnologia utilizaram-se os dados do projecto TREMOVE (EC 2007), que integra a evolução esperada de tecnologia automóvel em Portugal até 2030. Considerando a tecnologia automóvel no cenário base e as normas de emissão Euro aplicáveis a outros poluentes, designadamente para o caso do CO (Normas Euro 1-base, para Euro 2, ,4, 5 e 6 em proposta), derivou-se um factor tecnológico de 0,7 em 2030 (redução aproximada de 30% das emissões), e de 0,6 em 2050.
- Para monetarizar cada tonelada de CO₂ utilizaram-se os preços sombra sugeridos por Watkiss *et al.* (2005), os quais são função do ano de emissão de poluente: 22 €/t (2007-2009); 26€/t (2017-2019); 32 €/t (2020-2039), 40 €/t (2030-2039), 55 €/t (2040-2049), 83 €/t (2050).

3.2.23 Taxa de desconto social

De acordo com o estado da arte realizado por Odgaard *et al.* (2005), que se apresenta no Quadro 3, nota-se a variabilidade da taxa de desconto em uso pelos vários países, situando-se entre um mínimo de 2-2,5% (Suíça) e um máximo de 8% (Eslovénia, França), sendo frequente o valor de 6%. No projecto europeu UNITE (2003) é recomendada o uso de 3% enquanto que a recomendação da Comissão Europeia (2002) se situa em 5% e 6%.

A taxa de desconto social refere-se à taxa da alteração de bem-estar social (ou utilidade do consumo) ao longo do tempo, e pode ser dada pela seguinte expressão

$$t = \alpha + \beta \cdot g,$$

em que α é a taxa de preferência pura (reflecte a utilidade no consumo hoje, em vez do consumo no futuro) mais o risco de catástrofe que decorre da probabilidade de ocorrer algum evento catastrófico no horizonte em análise que elimine os resultados/benefícios do investimento em causa; β é a elasticidade da utilidade marginal do consumo e g é a taxa real de crescimento do consumo *per capita*.

Nota-se que tem existido alguma discussão académica sobre qual a taxa de desconto a utilizar na avaliação de projectos, designadamente se utilizar a taxa social de preferência temporal ou a taxa social de oportunidade do capital. Recentemente, com o relatório Stern (HMT 2007), foi introduzido um aspecto adicional nesta discussão que se prende com a consideração do risco de extinção dos recursos no cálculo da taxa de desconto, podendo assim recomendar-se valores mais baixos para a taxa de desconto (e.g. 1,4% por ano para o caso das alterações climáticas). Todavia, no Reino Unido num guia que é considerado uma referência em termos de análise de investimentos de projectos (HMT, 2003) recomenda que α seja de 1,5%, o que com g igual a 2% e β igual a 1, conduz a uma taxa de desconto na avaliação de projectos de 3,5% para um ciclo de 30 anos. Neste guia recomenda-se a utilização de uma taxa de desconto decrescente com o período em análise (para um período entre 31 e 75 anos, por exemplo é recomendada a utilização de 3%).

Quadro 3: Taxas de desconto utilizadas em avaliação de projectos de investimento

<i>País</i>	<i>Taxa de desconto</i>	<i>Período da avaliação (anos)</i>
<i>Suiça</i>	<i>2-2,5%</i>	<i>40-infinito</i>
<i>Suécia</i>	<i>4%</i>	<i>40-60</i>
<i>República da Eslováquia</i>	<i>6%</i>	<i>20-30</i>
<i>República Checa</i>	<i>5-7%</i>	<i>20</i>
<i>Reino Unido</i>	<i>3,5%</i>	<i>30</i>
<i>Portugal</i>	<i>3-6%</i>	<i>20</i>
<i>Polónia</i>	<i>6%</i>	<i>20</i>
<i>Malta</i>	<i>6%</i>	<i>30</i>
<i>Lituânia</i>	<i>5%</i>	<i>20</i>
<i>Látvia</i>	<i>5%</i>	<i>20-30</i>
<i>Itália</i>	<i>4-6%</i>	<i>30</i>
<i>Irlanda</i>	<i>5%</i>	<i>30</i>
<i>Hungria</i>	<i>5%</i>	<i>25</i>
<i>Holanda</i>	<i>4%</i>	<i>Infinito</i>
<i>França</i>	<i>8%</i>	<i>-</i>
<i>Filândia</i>	<i>5%</i>	<i>30</i>
<i>Estónia</i>	<i>6%</i>	<i>30</i>
<i>Espanha</i>	<i>6%</i>	<i>-</i>
<i>Eslovénia</i>	<i>8%</i>	<i>20-25</i>
<i>Dinamarca</i>	<i>6%</i>	<i>50</i>
<i>Chipre</i>	<i>6-12%</i>	<i>-</i>
<i>Bélgica</i>	<i>6,5%</i>	<i>30</i>
<i>Áustria</i>	<i>2-3%</i>	<i>-</i>
<i>Alemanha</i>	<i>3%</i>	<i>-</i>

Fonte: Odgaard *et al.* (2005).

Da discussão anterior, realça também a importância crescente do valor económico de recursos naturais, bens e serviços ambientais dos vários ecossistemas, designadamente do seu valor de existência, o qual pode adquirir uma utilidade significativa para a sociedade no tempo presente, como garantia do futuro.

Em conformidade, para comparar custos e benefícios que ocorrem em diferentes momentos ao longo do horizonte em análise, o VAL económico é calculado para duas taxas de desconto: 3% e 6%.

3.3 Cálculo do VAL considerando os Custos de Investimento e Custos Variáveis Internos

Tendo em conta a metodologia, pressupostos e definição das variáveis expostos, foi realizada uma aplicação em Excel para o cálculo automático do VAL, em cada cenário. Nas secções seguintes apresentam-se os Quadros resumo dos resultados obtidos.

3.3.1 Custos de investimento

Os quadros 4 e 5 resumem o valor actualizado do custo de investimento para o NAL na Ota e no CTA, a preços constantes de 2007.

Quadro 4: Valor Actualizado do Custo de Investimento para o NAL na OTA
(x10⁶ €, preços constantes de 2007)

Rubricas	Fonte	V.A.*	Total Investimento (x10 ⁶ €)
Estudos	NAER	27,0	29,1
Expropriações e Indemnizações a Terceiros	Parsons; CEMGFA	334,2	397,3
Relocalização de Redes de Serviços	Equipa LNEC;NAER	66,6	70,6
Trabalhos Preparatórios/ Construção da Plataforma	Equipa LNEC	484,2	536,7
Construção de Airside, Terminal e Outras Infraestruturas	Ulissipair;Parsons	1 119,5	1 794,0
Construção de Oleoduto e Armazenagem de Combustível	CLC	1,3	2,2
Recursos Hídricos Superficiais	Equipa LNEC	11,7	13,4
Acessibilidades Rodoviárias de Ligação (AE)**	BRISA	119,6	142,0
Acessibilidades Ferroviárias de Ligação (AVF)	RAVE	-	-
Outros Investimentos	Ulissipair;Parsons	104,1	133,4
Outras Medidas de Mitigação Ambiental	Parsons;NAER	173,1	224,6
Subtotal		2 441,4	3 343,3
Imprevistos (7%)		***	***
Total (x10⁶ €)		2 441,4	3 343,3

Notas:

* Valor Actualizado do Investimento a preços constantes de 2007 considerando a taxa de desconto de 6%.

A distribuição temporal do investimento é a descrita no FCD7 - Análise Financeira (Pressuposto estudo Ulissipair, 2007)

** A análise considera como referência a rede projectada de AVF, com estação na Ota.

*** Na ACB não se considera a rubrica "Imprevistos".

Quadro 5: Valor Actualizado do Custo de Investimento para o NAL no CTA
(x10⁶ €, preços constantes de 2007)

Rubricas	Fonte	V.A.*	Total Investimento (x10 ⁶ €)
Estudos	NAER	35,1	40,1
Expropriações e Indemnizações a Terceiros	Parsons; CEMGFA	209,8	242,0
Relocalização de Redes de Serviços	Equipa LNEC;NAER	0,7	0,8
Trabalhos Preparatórios/ Construção da Plataforma	Equipa LNEC	168,0	204,6
Construção de Airside, Terminal e Outras Infraestruturas	Ulissipair;Parsons	1 119,5	1 794,0
Construção de Oleoduto e Armazenagem de Combustível	CLC	3,7	6,0
Recursos Hídricos Superficiais	Equipa LNEC	0,8	0,9
Acessibilidades Rodoviárias de Ligação (AE)	BRISA	122,4	154,0
Acessibilidades Ferroviárias de Ligação (AVF)**	RAVE	153,5	245,0
Outros Investimentos	Ulissipair;Parsons	114,3	147,9
Outras Medidas de Mitigação Ambiental	Parsons;NAER	179,0	260,8
Subtotal		2 106,7	3 096,1
Imprevistos (7%)		***	***
Total (x10⁶ €)		2 106,7	3 096,1

Notas:

* Valor Actualizado do Investimento a preços constantes de 2007 considerando a taxa de desconto de 6%.

** Investimento adicional, relativamente à referência tomada (rede projectada de AVF).

*** Na ACB não se considera a rubrica "Imprevistos".

Quadro 6: Diferença em termos do Valor Actualizado dos Custos de Investimento (Ota-CTA)
(x10⁶ €, preços constantes de 2007)

Análise Comparativa Diferencial - Custos de Investimento e Valor Actualizado		
Rubricas	Total Investimento Ota - CTA	V.A.* Ota - CTA
Estudos	-11,0	-8,1
Expropriações e Indemnizações a Terceiros	155,4	124,4
Relocalização de Redes de Serviços	69,8	65,9
Trabalhos Preparatórios/ Construção da Plataforma	332,1	316,2
Construção de Airside, Terminal e Outras Infraestruturas	0,0	0,0
Construção de Oleoduto e Armazenagem de Combustível	-3,8	-2,4
Recursos Hídricos Superficiais	12,4	10,9
Acessibilidades Rodoviárias de Ligação (AE)	-12,0	-2,8
Acessibilidades Ferroviárias de Ligação (AVF)	-245,0	-153,5
Outros Investimentos	-14,5	-10,2
Outras Medidas de Mitigação Ambiental	-36,3	-5,9
Total (x10⁶ €)	247,3	334,7

Notas:

* Valor Actualizado do diferencial de custos de investimento entre o NAL na Ota e no CTA, considerando a distribuição temporal do investimento 2008-2017 assumida no FCD7.

Tendo em conta que diferencial do valor actualizado do custo de investimento é maior do que o custo total do investimento no ano inicial, verifica-se que as diferenças entre os custos de investimento na Ota e no CTA residem sobretudo nos períodos finais do investimento, dada a necessidade de construção de infra-estruturas de transporte de ligação e de redes de serviços (nesta análise diferencial, foi utilizada a taxa de desconto de 6%).

Do quadro 6 verifica-se que o diferencial do custo total do investimento em 2007 entre a Ota e o CTA, sem considerar a distribuição temporal dos custos de cada rubrica de investimento no horizonte 2008-2017, é de 8%. Por outro lado, comparando o diferencial do valor actualizado do investimento entre a Ota e o CTA com o total do valor actualizado do investimento a preços de 2007 para cada localização obtem-se para o CTA um rácio de 0,14 (334,7/ 2 106,7 x10⁶ €) e de 0,16 (334,7/2 441,4 x10⁶ €) para a Ota.

3.3.2 Custos variáveis internos

Tendo em conta a definição de custos variáveis internos e pressupostos descritos em 3.2, apresenta-se o resumo do respectivo valor actualizado para o NAL na Ota e CTA.

Quadro 7: Valor Actualizado dos Custos Variáveis Internos para o NAL na Ota
(x10⁶ €, preços constantes de 2007)

CUSTOS VARIÁVEIS INTERNOS: Ota	V.A.	2008	2017	2022	2030	2040	2050
	(x10 ⁶ €)						
Custo do Desvio de Passageiros		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Custos Operacionais por Passageiro		10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Custos Operacionais Totais	3 875,6	134,0	193,0	222,0	274,0	360,0	435,0
Custos de Congestionamento dos Terminais de Passageiros	2 245,6	56,0	93,5	115,9	160,8	245,2	343,7
Custo de Acesso pela Rodovia ao Aeroporto	4 651,9	118,0	194,0	240,0	333,0	507,0	711,0
Custo de Acesso pela Ferrovia ao Aeroporto	1 590,5	40,0	66,0	82,0	114,0	174,0	244,0
VALOR ACTUALIZADO x10⁶ €, preços constantes 2007	12 363,6						

Quadro 8: Valor actualizado dos custos variáveis internos para o NAL no CTA
(x10⁶ €, preços constantes de 2007)

CUSTOS VARIÁVEIS INTERNOS: CTA							V.A. (x10 ⁶ €)
Custo do Desvio de Passageiros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Custos Operacionais por Passageiro	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Custos Operacionais Totais	3 875,6	134,0	193,0	222,0	274,0	360,0	435,0
Custos de Congestionamento dos Terminais de Passageiros	2 245,6	56,0	93,5	115,9	160,8	245,2	343,7
Custo de Acesso pela Rodovia ao Aeroporto	4 651,9	118,0	194,0	240,0	333,0	507,0	711,0
Custo de Acesso pela Ferrovia ao Aeroporto	1 853,2	48,0	79,0	98,0	120,0	206,0	289,0
VALOR ACTUALIZADO x10⁶ €, preços constantes 2007							12 626,2

Do Quadro 7 e 8, verifica-se que o valor actualizado do diferencial de custos variáveis internos (Ota-CTA) é:

DIF Ota-CTA	-262,7
x10⁶ €	

No caso dos custos variáveis internos a localização na Ota apresenta ligeira vantagem: o diferencial acima de -262,7 representa cerca de 2% do valor actualizado do total de custos variáveis internos. Este diferencial é justificável dado o menor custo de acesso de passageiros ao NAL pelo modo ferroviário no caso do NAL na Ota (menor tempo de acesso para os passageiros, em termos relativos).

3.3.3 O VALint: Valor Actualizado Líquido do investimento considerando custos de investimento e custos variáveis internos

Quadro 9: VALint para uma taxa de desconto de 6%
(x10⁶ €, preços constantes de 2007)

VALOR ACTUALIZADO LÍQUIDO A PREÇOS CONSTANTES DE 2007			
Custos de Investimento e Custos Variáveis Internos			
Taxa de desconto=6%			
	OTA	CTA	Balço
Milhões de Euros			
CUSTOS ACTUALIZADOS	14 805,0	14 732,9	
BENEFÍCIOS ACTUALIZADOS (Cenário base)	20 240,4	20 240,4	
VALint	5 435,4	5 507,4	-72,1
x10⁶ €			
	B/C	1,4	1,4
			-0,013

Pode-se constatar que se obteve para ambas as localizações um VAL do investimento positivo e de dimensão significativa, com um rácio entre benefícios e custos de 1,4. Por outro lado, nota-se que a diferença entre o VALint do NAL na Ota e no CTA é negligenciável já que o diferencial de $-72,1 \times 10^6$ € representa apenas 1,3% do VAL total do investimento em cada localização.

Quadro 10: VALint para uma taxa de desconto de 3%
($\times 10^6$ €, preços constantes de 2007)

VALOR ACTUALIZADO LÍQUIDO A PREÇOS CONSTANTES DE 2007			
Custos de Investimento e Custos Variáveis Internos			
Taxa de desconto=3%			
	OTA	CTA	Balanço
Milhões de Euros			
CUSTOS ACTUALIZADOS	24 744,3	24 891,7	
BENEFÍCIOS ACTUALIZADOS (Cenário base)	40 799,4	40 799,4	
VALint	16 055,1	15 907,6	147,5
$\times 10^6$ €			
	B/C	1,6	1,6
			0,009

Considerando uma taxa de desconto de 3% no cálculo do VALint, verifica-se que o diferencial entre o VAL do investimento na Ota e no CTA é agora positivo, mas a diferença continua a ser negligenciável (a diferença de $147,5 \times 10^6$ € representa 0,9% do Valor Actualizado Líquido total do investimento em cada localização)

Foram realizadas análises de sensibilidade a alguns parâmetros da análise (variação do custo de investimento em medidas de mitigação ambiental), que não vieram a alterar as conclusões preliminares iniciais, continuando a obter-se diferenças marginais do VALint diferencial (entre localizações). De seguida apresenta-se a análise para o caso do Valor do Tempo (VoT).

Na ACB considerou-se um valor do tempo de 25 €/hora por passageiro. O motivo de viagem dos passageiros para o actual aeroporto de Lisboa é, de acordo com a ANA (2007), o que consta no Quadro 11.

Quadro11: Motivo de viagem dos passageiros no cenário base (2007)

Motivo da viagem	% Residentes	% Não Residentes
Turismo	38,3	40,2
Negócios	33,3	27,5
Visita família, amigos	26,9	31,0
Outros	1,5	1,2

Fonte: ANA (2007)

No projecto HEATCO foi estimado para Portugal um valor do tempo para passageiros (negócios) de 34,91 €/hora e para passageiros em turismo um valor de 13,07 €/hora (preços de 2002 considerando a paridade do poder de compra), sendo a média da EU (25 países) de 32,80 €/hora e 12,65 €/hora para os respectivos segmentos de mercado.

O EUROCONTROL (2007) sugere várias fontes para a consideração do valor do tempo para os vários tipos de passageiro e recomenda a utilização de um valor do tempo mais elevado, entre 40 e 52 €/hora (preços de 2006), o qual inclui também o tempo de espera pelo voo.

Para a análise de sensibilidade considerou-se a variação inter-temporal do valor do tempo em 2008 (25 €/hora) em função do PIB per capita.

Considerando uma taxa de desconto de 6% e 3%, respectivamente, e uma elasticidade inter-temporal do valor do tempo de 1,0 relativa ao PIB per capita, obtém-se o VALint nos Quadros 12 e 13.

Quadro 12: Análise de sensibilidade – efeito no VALint da variação do VoT
(taxa de desconto de 6%)

CENÁRIO 2				
Taxa de desconto=6%				
VoT: elasticidade 2008-2050 = f (PIB per capita)				
Taxa de desconto=6%				
	OTA	CTA	Balança	
Milhões de Euros				
CUSTOS ACTUALIZADOS	15 269,1	15 197,1		
BENEFÍCIOS ACTUALIZADOS (Cenário base)	24 875,0	24 875,0		OTA-CTA
VALint	9 605,9	9 677,9		-72,1
x10 ⁶ €				
	B/C	1,6	1,6	-0,008
				-0,007

Quadro 13: Análise de sensibilidade – efeito no VALint da variação do VoT
(taxa de desconto de 3%)

CENÁRIO 2b				
Taxa de desconto=3%				
VoT: elasticidade 2008-2050 = f (PIB per capita)				
	OTA	CTA	Balança	
Milhões de Euros				
CUSTOS ACTUALIZADOS	25 807,2	25 954,7		
BENEFÍCIOS ACTUALIZADOS (Cenário base)	52 085,7	52 085,7		OTA-CTA
VALint	26 278,5	26 131,0		147,5
x10 ⁶ €				
	B/C	2,0	2,0	0,006

Do cálculo do VAL considerando os custos de investimento e os custos variáveis internos podemos concluir que não decorre nenhuma recomendação explícita sobre a localização preferida para o NAL, uma vez que a diferença relativa entre os valores actualizados líquidos do investimento em cada localização não é significativa.

3.4 Cálculo do VAL Económico considerando os Custos Variáveis Externos, Custos de Investimento e Custos Variáveis Internos

3.4.1 Considerações gerais para o cálculo do VALext

Na óptica do investimento como uma afectação de fundos realizada com o objectivo de gerar benefícios em termos da sua rentabilidade, designadamente em termos dos seus benefícios sociais, é importante poder introduzir no cálculo do VAL indicadores relativos aos efeitos externos com custos sociais e ambientais diferenciadores das duas opções.

Em economia de transportes e ambiente, os custos externos de infra-estruturas são também designados de externalidades ou impactes externos (efeitos que estão fora dos mercados), e incluem o que Marshall (1920) designou primeiramente por economias externas e deseconomias externas. Ao nível estratégico, o ruído de tráfego aéreo é um exemplo de externalidade negativa, gerando custos sociais e ambientais na população exposta, a par das emissões de CO₂, também motivadas pela deslocação de passageiros e carga com origem/destino no NAL.

Apesar de existirem vários métodos de avaliação de externalidades (Arsenio, 2002), e da evolução ocorrida a partir de meados da década de 90, dando especial destaque à aplicação de métodos de preferência declarada, ainda persistem algumas incertezas científicas e dificuldades metodológicas na avaliação de alguns efeitos ambientais. Por outro lado, atendendo ao estado da arte integrando os estudos realizados na Europa e fora desta, encontra-se um conjunto vasto de estimativas de custos marginais cobrindo um intervalo de valores, que é variável de estudo para estudo, designadamente consoante o método de avaliação, amostragem, contexto, características da população, forma de definição das variáveis/atributos e pressupostos utilizados da análise.

Tal como referem Navrud e Ready (2007), na ACB da maioria projectos não é possível realizar estudos de avaliação económica contextuais para cada impacte; a prática mais usual é, sempre que possível, transferir estimativas de estudos anteriores seleccionando aqueles que tenham sido aplicados nos contextos mais aproximados da situação a ser

avaliada. A transferência de valores pode ser realizada através de valores unitários (de forma directa ou recorrendo a ajustamentos no rendimento) ou através de funções de transferência (funções de benefícios estimadas num dado estudo ou, em alternativa recorrendo à meta-análise, a qual também é designada de “o estudo dos estudos”).

Tendo em conta o interesse de poder transferir valores de custos e de benefícios marginais obtidos noutros contextos de avaliação para o nosso País, seria recomendável o recurso a meta-análise, de forma a se identificarem as características diferenciadoras e as variáveis que influenciam a variação dos custos marginais, estimando uma nova função de transferência (“value transfer”). Todavia, num contexto de aplicabilidade na ACB e da validade das estimativas dos custos ou benefícios marginais, nota-se que os estudos de meta-análise são em número limitado, sendo a transferência de valores económicos ambientais um domínio que requer maior investigação aplicada, designadamente na área da biodiversidade e conservação da natureza (OECD 2002; Navrud e Ready, 2007). Tal como referem Bergstrom e Taylor (2006) antes da possível aplicação de estudos de meta-análise para transferência de benefícios (modelos MA-BT) há necessidade de realizar testes de convergência de validade entre os diversos tipos de recursos e bens ambientais.

Tendo em conta o projecto Europeu HEATCO – *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment* (CE 2006), cujo objectivo foi desenvolver um conjunto de procedimentos harmonizados para avaliação de projectos de transportes e respectivos custos no contexto europeu, foram propostos valores de referência para várias externalidades, designadamente custos marginais associados à exposição da população ao ruído de tráfego aéreo, emissão de poluentes (CO₂, NO_x, PM_{2.5}), risco de acidente rodoviário com vítimas, entre outros para os vários países europeus. Neste estudo, utiliza-se também este referencial de análise para o caso de Portugal.

Tendo em conta o conjunto de FCD analisados, foram identificados o conjunto de externalidades significativas ao nível estratégico e potencialmente diferenciadoras das duas localizações:

- Impactes do ruído de tráfego aéreo na população exposta.
- Impactes do tráfego gerado pelo NAL na segurança, em termos do acréscimo previsto de acidentes com vítimas e feridos graves no acesso rodoviário de passageiros e carga.
- Impactes das emissões de CO₂, NO_x e PM, etc. associadas ao tráfego no acesso rodoviário ao NAL de passageiros e carga.

- Impactes na biodiversidade e na conservação da natureza.

3.4.2 Os Custos externos monetizáveis

Apresenta-se nos quadros 14 e 15 o valor actualizado dos custos variáveis externos para o NAL na Ota e no CTA.

Quadro 14: Valor Actualizado dos Custos Variáveis Externos para o NAL na Ota
(x10⁶ €, preços constantes de 2007)

CUSTOS VARIÁVEIS EXTERNOS:OTA	V.A. (x10 ⁶ €)	2017	2022	2030	2040	2050
Custos do Ruído de Tráfego Aéreo	20,2	0,9	1,1	1,5	2,2	3,2
Custos dos Acidentes Rodoviários com Vítimas Mortais	119,9	5,1	6,1	8,4	13,4	20,3
Custos dos Acidentes Rodoviários com Feridos Graves	48,7	2,1	2,4	3,4	5,5	8,5
Custos das Emissões de Poluentes Veículos.km Adicionais (NOx,PM2.5,SO ₂ ,VOCs,NH ₃)	375,1	18,9	23,5	23,8	38,2	47,3
Custo das Emissões de CO ₂	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VALOR ACTUALIZADO TOTAL, preços constantes 2007	564,1					

Quadro 15: Valor Actualizado dos Custos Variáveis Externos para o NAL no CTA
(x10⁶ €, preços constantes de 2007)

CUSTOS VARIÁVEIS EXTERNOS:CTA	V.A. (x10 ⁶ €)	2017	2022	2030	2040	2050
Custos do Ruído de Tráfego Aéreo	0,6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Custos dos Acidentes Rodoviários com Vítimas Mortais	96,2	4,1	4,9	6,8	10,8	16,5
Custos dos Acidentes Rodoviários com Feridos Graves	45,1	1,8	2,2	3,2	5,2	8,2
Custos das Emissões de Poluentes Veículos.km Adicionais (NOx,PM2.5,SO ₂ ,VOCs,NH ₃)	401,6	20,4	25,2	25,4	40,7	50,2
Custo das Emissões de CO ₂	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VALOR ACTUALIZADO TOTAL, preços constantes 2007	543,6					

Quadro 16: Valor Actualizado do Diferencial dos Custos Variáveis Externos (Ota-CTA)
(x10⁶ €, preços constantes de 2007)

CUSTOS VARIÁVEIS EXTERNOS	OTA	CTA	DIF* (x10⁶ €)
Custos do Ruído de Tráfego Aéreo	20,2	0,6	19,6
Custos dos Acidentes Rodoviários com Vítimas Mortais	119,9	96,2	23,8
Custos dos Acidentes Rodoviários com Feridos Graves	48,7	45,1	3,6
Custos das Emissões de Poluentes Veículos.km Adicionais (NO _x ,PM2.5,SO ₂ ,VOCs,NH ₃)	375,1	401,6	-26,5
Custo das Emissões de CO ₂	0,1	0,1	0,0
VALOR ACTUALIZADO TOTAL, preços constantes 2007	564,1	543,6	20,4

Nota:
* DIF = V.A. dos Custos Variáveis Externos do NAL na Ota - V.A. dos Custos Variáveis Externos do NAL no CTA
taxa de desconto entre 2017 e 2050 de 6%

Do quadro 16 pode-se verificar que o diferencial do valor actualizado dos custos externos (Ota-CTA) representa, respectivamente 3,6% e 3,8% do valor actualizado total dos custos externos para o NAL na Ota (20,4/564,1 x10⁶ €) e no CTA (20,4/543,6 x10⁶ €). A localização do NAL na Ota aponta para a existência de vantagens do ponto de vista da poupança de emissões de poluentes decorrentes do tráfego de passageiros e carga, mas desvantagens do ponto de vista dos impactes do ruído de tráfego aéreo e do número esperado de acidentes rodoviários com vítimas. Pode-se concluir que a transferência modal de passageiros e de carga do modo rodoviário para o ferroviário é um aspecto chave para a diminuição dos custos externos em ambas as localizações.

3.4.3 O VALext

Apresenta-se em seguida o indicador VAL económico considerando também os custos externos monetarizáveis, para além dos custos de investimentos e dos custos variáveis internos.

Quadro 17: VALext para uma taxa de desconto de 6%
(x10⁶ €, preços constantes de 2007)

VALOR ACTUALIZADO LÍQUIDO A PREÇOS CONSTANTES DE 2007			
Custos de Investimento, Custos Variáveis Internos e Externos			
Taxa de desconto=6%			
	OTA	CTA	Balanco
Milhões de Euros			
CUSTOS ACTUALIZADOS	15 369,1	15 276,6	
BENEFÍCIOS ACTUALIZADOS (Cenário base)	20 243,2	20 243,2	OTA-CTA
VALext	4 874,1	4 966,7	-92,5
x10 ⁶ €	B/C	1,3	1,3
			-0,019

Quadro 18: VALext para uma taxa de desconto de 3%
(x10⁶ €, preços constantes de 2007)

VALOR ACTUALIZADO LÍQUIDO A PREÇOS CONSTANTES DE 2007 Custos de Investimento, Custos Variáveis Internos e Externos			
Taxa de desconto=3%			
	OTA	CTA	Balanço
Milhões de Euros			
CUSTOS ACTUALIZADOS	25 763,2	25 870,4	
BENEFÍCIOS ACTUALIZADOS (Cenário base)	40 802,3	40 802,3	OTA-CTA
VALext	15 039,1	14 932,0	107,2
x10 ⁶ €			
	B/C	1,6	1,6
			0,007

Do cálculo do VALext, pode-se verificar que o Valor Actualizado Líquido do investimento é positivo e de dimensão significativa para o NAL em ambas as localizações, com um rácio entre benefícios e custos de 1,3 e 1,6 consoante se aplica uma taxa de desconto de 6% ou 3%. Por outro lado, nota-se que a diferença entre o VALext do NAL na Ota e no CTA é negligenciável já que o diferencial de -92,5 x10⁶ € (Quadro 17) e de 107,2 x10⁶ (Quadro 18) representa apenas cerca de 1,9% e 0,7% respectivamente do VAL do total do investimento em cada localização.

Realizou-se uma análise de sensibilidade a alguns parâmetros utilizados na análise para aferir os seus efeitos no VALext. No caso do valor do ruído consideraram-se os acréscimos reais anuais em função do crescimento do PIB *per capita* estimado no intervalo de tempo entre 2017 e 2050 (elasticidade = 0,7). Este procedimento foi recomendado no projecto HEATCO (Comissão Europeia, 2006).

Quadro 19: Análise de Sensibilidade – efeito no VALext da variação do valor do ruído

Análise de Sensibilidade Elasticidade do VoN 2017-2050 = f (PIP per capita) 0,7			
Taxa de desconto=3%			
	OTA	CTA	Balanço
Milhões de Euros			
CUSTOS ACTUALIZADOS	25 758,0	25 870,2	
BENEFÍCIOS ACTUALIZADOS (Cenário base)	40 802,3	40 802,3	OTA-CTA
VALext	15 044,3	14 932,1	112,2
x10 ⁶ €			
	B/C	1,6	1,6
			0,007
			0,008

Da comparação dos quadros 18 e 19, pode-se constatar que o efeito da variação do valor do ruído no VALext não é significativo para ambas as localizações.

3.4.4 Custos variáveis externos não monetarizados na ACB

Os custos externos relativos aos impactes na biodiversidade e na conservação da natureza foram quantificados apenas em medidas físicas, através do indicador “perda de uso do solo favorável à conservação da biodiversidade” (hectare de solo), dada a dificuldade na sua avaliação económica.

A avaliação económica da biodiversidade é um passo decisivo no apoio a políticas de conservação da natureza (OCDE 2001). A estrutura ecológica e os vários ecossistemas encerram funções essenciais ao suporte da vida e a sua perda está associada a custos sociais e ambientais significativos.

A biodiversidade é um conceito multidimensional que inclui designadamente a diversidade de espécies, a diversidade genética e dos ecossistemas. Os impactes sobre os vários ecossistemas e respectivas funções são complexos e exigem uma abordagem na óptica da prevenção de possíveis danos, sendo a sua avaliação económica também de considerável complexidade.

O valor económico total de um recurso inclui o designado valor de uso e o valor de não uso. O primeiro inclui os benefícios da utilização actual e futura do recurso em causa (exemplo: actividades produtivas e de lazer), enquanto que o segundo inclui o designado valor de existência que se atribui ao facto do recurso ambiental existir e não se perder e ainda o valor do legado ou herança que representa a componente de valor que as gerações futuras vão atribuir ao facto desse recurso ter permanecido com vista à conservação da biodiversidade.

Existem várias técnicas de avaliação económica incidindo sobre o valor de uso (exemplo: método dos custos de transporte) ou sobre o valor económico total (exemplo: método de preferências declaradas). Em Portugal não existem estudos que tivessem conduzido à obtenção de estimativas do custo marginal associado a possíveis cenários de alteração de provisão das categorias de uso do solo favoráveis à biodiversidade. Todavia, Santos, J.M. em Navrud e Ready (2007) conduziu uma meta-análise de estudos de avaliação económica da alteração da estrutura da paisagem agrícola, tendo estimado novas funções de meta-regressão neste domínio, o que constitui uma área de investigação importante a prosseguir.

Neste estudo seguiu-se a recomendação de Quinet e Vickerman (2004) de quantificar os impactes na biodiversidade em informação quantitativa (indicador expresso em medidas físicas) anexa ao cálculo do VAL.

As classes de uso do solo que foram quantificadas (vide FCD – Conservação da Natureza e Biodiversidade), para situação actual e para o horizonte 2017-2050, segundo dois cenários contrastados de protecção ambiental são as seguintes: Montados, Galerias Ripícolas, Matos e Matagais, Arrozais e Zonas Húmidas (Quadro 20).

Quadro 20: Previsão de perdas de uso do solo favorável à conservação da biodiversidade (ha).

PREVISÕES (hectare de solo perdido)	Cenário 1			
	Ota	CTA	Ota	CTA
	2017	2017	2050	2050
Arrozais	3,0	6,9	55,0	56,4
Formações Ripícolas	29,9	30,7	44,8	40,8
Matos e Matagais	353,6	161,8	710,6	327,4
Montados	133,2	362,5	175,3	1 098,4
Zonas Húmidas	0,0	0,0	0,8	0,1
TOTAL	516,7	555,0	931,5	1 466,8
	Cenário 2			
	Ota	CTA	Ota	CTA
	2017	2017	2050	2050
Arrozais	55,0	56,4	229,4	178,2
Formações Ripícolas	44,8	40,8	79,8	60,9
Matos e Matagais	710,6	327,4	1 414,2	663,8
Montados	175,3	1 098,4	266,4	2 902,6
Zonas Húmidas	0,8	0,1	4,1	0,3
TOTAL	931,5	1 466,8	1 764,4	3 627,7

4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O indicador de rentabilidade - VAL económico determinado para as duas opções de localização do NAL é positivo e de dimensão considerável. O VAL é significativo, mesmo quando se incluem os custos sociais externos, relevando o facto destes se circunscrevem aos factores diferenciadores das duas localizações e aqueles que são possíveis de monetarizar na ACB face ao estado actual do conhecimento.

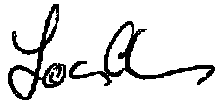
Todavia a diferença do VAL económico do investimento no NAL entre as duas localizações é quase sempre negligenciável face à dimensão do VAL total do investimento na Ota e no CTA. Por outro lado, o sinal da diferença varia consoante a taxa de desconto utilizada.

Este facto aponta designadamente para a existência de desvantagens e vantagens em termos de custos e benefícios que se compensam ou tendem a anular em termos relativos, exigindo por isso ao decisor uma análise integrada dos FCD, incluindo aqueles que não são possíveis de quantificação em Euros na ACB.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Dezembro de 2007.

VISTOS

*O Chefe do Núcleo de Planeamento,
Tráfego e Segurança*



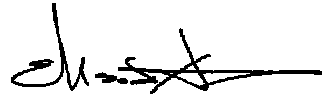
*Doutor Eng.º João Lourenço Cardoso
Investigador Principal*

*O Director do Departamento de
Transportes*

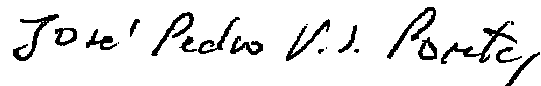


*Eng.º António Lemos de Macedo
Investigador Coordenador*

AUTORIA



*Doutora Eng.ª Elisabete Arsenio
Investigadora Auxiliar*



*Doutor José Pedro Pontes
Professor Associado com agregação do ISEG*

BIBLIOGRAFIA

ANA (2007). Mapa Estratégico do Ruído, Lisboa.

ARSENIO, E. (2002). *Theory and Methods for Valuing Environmental Externalities from Road Transport*, In: *Valuation of Environmental Externalities: a stated preference case study on traffic noise in Lisbon*, PhD thesis, Institute for Transport Studies, University of Leeds, UK.

ARSENIO, E. (2006). Stated choice valuations of traffic related noise, *Transportation Research Part D*, 15-31.

BERGSTROM, J.C. e TAYLOR, L.O. (2006). Using Meta-analysis for Benefits Transfer: Theory and Practice, *Ecological Economics* 79(2), 235-258.

BICKEL, P. *et al.* (2006). HEATCO – Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, Deliverable 5, IER, Germany.

BUTTON, Kenneth (2003). The Potential of Meta-Analysis and Value Transfers as Part of Airport Environmental Appraisal, *Journal of Air Transport Management*, 9, pp. 167-176.

COMISSÃO EUROPEIA (1999). Meet - Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption, Brussels.

COMISSÃO EUROPEIA (2002). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. DG Regional Policy, Brussels.

COMISSÃO EUROPEIA (2006). HEATCO: Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, Deliverable 5, Brussels.

COMISSÃO EUROPEIA (2007). TREMOVE. Service contract for the further development and application of the transport and environment TREMOVE model Lot1 (improvement of the data set and model structure), Brussels.

- EEA - EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2000). COPERT III – Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport, EEA, Copenhagen.
- EUROCONTROL (2003). Air Transport and Environmental Economics, Brussels.
- EUROCONTROL (2007). Standard Inputs for EuroControl Cost-Benefit Analysis, Brussels.
- HMT– HM Treasury (2003). Green Book, London.
- HMT – HM Treasury (2007). STERN Review: The economics of Climate Change, London.
- IWW/INFRAS (2004). External Costs of Transport, UIC, Paris.
- JORGE, J. e RUS, G. (2004). Cost-Benefit Analysis of Investments in Airport Infrastructure: a practical approach, *Journal of Air Transport Management* 10, 311-326.
- MARSHALL, A. (1920), Principles of Economics, London, Macmillan.
- NAER (2007). Reference Master Plan, Lisboa.
- NAVRUD, S. READY, S. (2007). Environmental Value Transfer: Issue and Methods, Springer.
- ODGAARD, T. KELLY, C.E. e LAIRD, J.J. (2005). Current Practice in Project Appraisal in Europe – Analysis of Country Reports, HEATCO Work Package 3.
- OECD (2002). Handbook of Biodiversity Valuation: a Guide for Policy Makers, OECD, Paris.
- OMS/WHO (1999). Guidelines for Community Noise, Geneva.
- QUINET, E. e Roger V. (2004), Principles of Transport Economics, Edward Elgar, Cheltenham U.K./Northampton.

RAVE (2007). Novo Aeroporto de Lisboa na Zona H6 do Campo de Tiro de Alcochete. Impactos no Projecto RAVE. Nota Técnica, Lisboa.

UNITE (2003). Guidance on Adapting Marginal Cost Estimates. Deliverable 15, Project funded by the European Commission, Brussels.

WATKISS, P. *et al.* (2005). The Social Cost of Carbon (SCC) Review – Methodological Approaches for Using SCC Estimates in Policy Assessment, Defra, UK.

ANEXO I – Estimativas de Frequências de Acidentes e Vítimas, para o Cálculo dos Custos de Acidentes no Acesso Rodoviário ao NAL

ESTIMATIVA DE FREQUÊNCIAS DE ACIDENTES E VÍTIMAS

Autor: João Lourenço Cardoso

1 – A estimativa das frequências de acidentes corporais e de vítimas graves foi realizada utilizando modelos de frequências de acidentes para auto-estradas portuguesas, considerando conjuntamente ambos os sentidos de circulação (Cardoso, J.L., Wichert, S., 2007).

Os modelos são representados genericamente pela equação seguinte:

$$\mu_i = \beta_0 \times TMDA_i^{\beta_1} \times L_i^{\beta_2} \times e^{\beta_j * F_{ij}}$$

Em que:

μ_i	- frequência de ocorrências em apreço, as quais podem ser de acidentes corporais, de mortos ou de vítimas graves (mortos e feridos graves), no trecho i , em análise, num período de cinco anos;
$TMDA_i$	- tráfego médio diário anual no trecho i , em ambos os sentidos;
L_i	- comprimento no trecho i ;
F_{ij}	- variável explicativa j , no trecho i ;
β_j	- coeficientes calculados por ajuste estatístico.

As equações usadas (ver Quadro 1) foram ajustadas a dados do período de 1999 a 2005 mediante modelos lineares generalizados, adoptando a distribuição binomial-negativa para estrutura do erro.

No ajuste dos modelos foram consideradas como possíveis variáveis explicativas para os números de acidentes, de mortos ou de mortos e feridos graves: o volume de tráfego médio anual (TMDA) no período de 1999 a 2003, o comprimento do trecho, o número de vias de circulação por faixa de rodagem, a existência (ou ausência) de via adicional para veículos lentos, as larguras de via, de separador, de berma direita e de berma esquerda bem como o tipo de separador. Só as variáveis estatisticamente significativas foram retidas nos modelos usados.

Os dados sobre acidentes foram recolhidos na base de dados da DGV, os dados sobre o tráfego e a quilometragem de início e de fim em cada trecho de auto-estrada foram

fornecidos pela Estradas de Portugal e concessionárias. A informação sobre larguras de vias, de bermas e de separador bem como acerca dos tipos de separador foram recolhidas localmente pelo LNEC.

Quadro 1 – Equações de estimativa de frequências de ocorrência (logaritmizadas)

VARIÁVEL EXPLICATIVA	VARIÁVEL DE RESPOSTA		
	Número de acidentes	Número de mortos	Número de vítimas graves
Constante	-8,042238	-8,48452	-8,72864
TMDA (veículos)	1,009818	0,75552	0,87320
L (km)	0,935648	1,17381	1,18797
Largura de via > 3,50 m e ≤ 3,75 m	-	0,42085	-
Largura de via > 3,75 m	-	0,31033	-
Largura de berma direita > 1,50 m e ≤ 2,50 m	-	-0,74993	-0,03968
Largura de berma direita > 2,50 m	-	-0,58644	0,03919
Separador com barreira de betão de cimento	0,004558	-	-0,04750
Separador com vala, sem barreira	0,515058	-	0,62218

2 – Com as equações descritas no Quadro 1 é possível estimar as frequências “normais” de ocorrências, previsíveis num determinado trecho de auto-estrada, durante um período de cinco anos, desde que se conheçam os valores das respectivas variáveis explicativas.

Anota-se que os valores assim calculados não constituem previsões – na acepção correntemente dada ao termo – na medida em que as frequências observadas de ocorrências contêm, para além da parcela calculada, mais dois termos: um termo aleatório, não previsível; e um termo sistemático, devido a influências locais (por exemplo características do traçado em planta), para cujo cálculo não foi possível obter em tempo a informação necessária. Estes dois últimos termos não estão, pois, contemplados nos cálculos apresentados. Tal facto não impede que as equações permitam uma comparação rigorosa entre as opções em análise, no que se refere à influência das potenciais variáveis explicativas conhecidas. O atrás referido é tanto mais válido, face ao nível macro da análise em jogo.

No cálculo dos valores apresentados admitiu-se que não haverá alteração nos riscos de acidente e de danos corporais em auto-estrada durante o período em análise. Esta hipótese,

aparentemente conservadora, corresponde à evolução recente e tem considerável plausibilidade. Com efeito, em 1990 a taxa de sinistralidade em auto-estrada era de 0,212 acidentes por milhão de veículos×km (Cardoso, J.L., 1994), tendo sido de 0,215 acidentes por milhão de veículos×km no período de 1999 a 2003; por seu lado, as taxas de mortalidade foram de 0,016 e de 0,012 mortos por milhão de veículos×km em 1990 e 1999-2003, respectivamente.

Os cálculos efectuados compreendem uma parcela correspondente aos valores estimados dos TMDA nos trechos em análise. Por tal motivo, os pressupostos adoptados para estas estimativas são também aplicáveis às estimativas de frequências de ocorrências apresentadas.

3 – No cálculo efectuado foram considerados 11 trechos de auto-estrada, que constituem as configurações alternativas da rede fundamental de acessibilidade rodoviária às localizações do NAL em jogo, considerando o Campo Grande, em Lisboa, como local de origem do trajecto. Deste modo, os cálculos não abrangem os percursos na A10 e na TTT, que constituem alternativas de primeira escolha às A1 e PVG, para acesso rodoviário à OTA e ao CTA, respectivamente.

As características geométricas actuais e futuras dos trechos existentes foram obtidas junto da Estradas de Portugal – EPE e concessionárias e através de medições realizadas pelo LNEC nos locais. No caso da Ponte Vasco da Gama consideraram-se duas configurações, correspondendo à divisão das faixas de rodagem em três vias de circulação (com berma direita de 3 m) ou quatro vias de circulação (com berma direita de 0,5 m). No caso dos novos trechos de auto-estrada a construir consideraram-se as características mais habituais: vias de 3,75 m, berma direita de 1,00 m, berma esquerda de 3,00 m e separador com guarda metálica. No Quadro 2 apresentam-se os valores relevantes considerados para aplicação dos modelos.

QUADRO 2 – Características geométricas dos trechos considerados

Percurso	Nº. trecho	Compimento (km)	Largura de via	Largura de berma direita	Tipo de separador
Entrada Sul do AE OTA - Futuro nó da A1 na OTA	I	5,2	2	3	1
A1_OTA - A1 com A10 (Carregado)	II	2,3	2	3	1
A1 com A10 (Carregado) - VFX Nó I	III	5,1	2	3	1
VFX Nó I - VFX Nó II	IV	3,9	2	1	1
VFX Nó II - A1 com A9 (Alverca)	V	7,0	2	2	1
A1 com A9 (Alverca) - A1 com IC2 (Santa Iria da Azoia)	VI	4,6	2	3	1
A1 com IC2 (Santa Iria da Azoia) - A1 com CRIL (Sacavém)	VII	8,4	2	3	1
Total		36,5			
Ponte Vasco da Gama (Montijo) - A1 com CRIL (Sacavém) 3 vias	VIII	17,5	1	3	1
Ponte Vasco da Gama (Montijo) - A1 com CRIL (Sacavém) 4Vias	IX	17,5	1	1	1
A12 (Atalaia) - Ponte Vasco da Gama (Montijo)	X	4,1	3	3	2
Aeroporto CTA - A12 (Atalaia)	XI	18,0	3	3	2
Total		39,6			

Os TMDA anuais e o ano em que as faixas de rodagem da Ponte Vasco da Gama passam a estar divididas quatro vias de circulação em vez de três foram calculados pela equipa encarregue do estudo das acessibilidades com base nas previsões da procura de transportes para o NAL.

Para avaliação do impacte do NAL na evolução da sinistralidade nos acessos rodoviários foram consideradas duas situações: evolução “normal” do volume de tráfego na rede rodoviária (adiante designada “sem NAL”); e combinação da evolução normal do volume de tráfego com o tráfego gerado pela instalação do NAL (adiante designada “Total”). A estimativa do impacte sobre a sinistralidade pode ser calculada mediante a diferença entre os valores da situação “total” e os da situação “sem NAL”.

Para cada situação os números anuais de acidentes corporais, de mortos e de mortos e feridos graves em cada trecho analisado foram calculados por aplicação dos modelos aos correspondentes valores anuais de TMDA. Os números anuais de feridos graves em cada trecho analisado foram calculados por diferença entre o número calculado de mortos e feridos graves e o número de mortos.

Os valores calculados para a situação “Total”, para os cenários **A** a **F** são os apresentados no Quadro 3.

QUADRO 3 – Estimativas de frequências de ocorrência (cenários A a F, 2017-2050). Situação “Total”.

Ano	A						B					
	Acidentes		Mortos		Feridos Graves		Acidentes		Mortos		Feridos Graves	
	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA
2017	302	122	15	6	38	22	316	125	15	6	39	23
2022	311	130	15	6	39	24	328	134	16	6	41	24
2030	329	145	16	7	41	26	356	151	17	7	44	27
2040	362	173	17	8	45	30	404	182	18	8	49	32
2050	390	197	18	9	48	34	447	209	20	9	54	36
Ano	C						D					
	Acidentes		Mortos		Feridos Graves		Acidentes		Mortos		Feridos Graves	
	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA
2017	329	129	16	6	41	23	299	119	15	6	37	22
2022	348	138	16	7	43	25	305	124	15	6	38	23
2030	387	158	18	7	47	28	317	134	15	7	40	24
2040	456	194	20	9	55	34	340	152	16	7	42	27
2050	516	225	22	13	62	33	359	168	17	8	44	30
Ano	E						F					
	Acidentes		Mortos		Feridos Graves		Acidentes		Mortos		Feridos Graves	
	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA
2017	312	122	15	6	39	22	326	125	15	6	40	23
2022	322	128	15	6	40	23	342	132	16	6	42	24
2030	344	140	16	7	43	25	375	147	17	7	46	26
2040	382	161	18	7	47	29	434	173	19	8	53	30
2050	416	180	19	8	51	32	485	196	21	9	58	34

Os valores calculados para a situação “sem NAL”, para os cenários A a F, são os apresentados no Quadro 4.

**QUADRO 4 – Estimativas de frequências de ocorrência (cenários A a F, 2017-2050).
Situação “Sem NAL”.**

Ano	A						B					
	Acidentes		Mortos		Feridos Graves		Acidentes		Mortos		Feridos Graves	
	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA
2017	197	51	10	2	24	10	208	54	11	3	25	11
2022	198	51	10	2	24	10	214	56	11	3	26	11
2030	199	52	10	2	24	10	223	58	11	3	27	11
2040	200	52	10	2	24	10	236	61	12	3	28	12
2050	201	53	10	2	25	10	249	65	12	3	30	13
Ano	C						D					
	Acidentes		Mortos		Feridos Graves		Acidentes		Mortos		Feridos Graves	
	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA
2017	220	57	11	3	27	11	197	51	10	2	24	10
2022	232	60	11	3	28	12	198	51	10	2	24	10
2030	251	65	12	3	30	13	199	52	10	2	24	10
2040	278	73	13	3	33	14	200	52	10	2	24	10
2050	308	80	14	3	36	14	201	53	10	2	25	10
Ano	E						F					
	Acidentes		Mortos		Feridos Graves		Acidentes		Mortos		Feridos Graves	
	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA
2017	208	54	11	3	25	11	220	57	11	3	27	11
2022	214	56	11	3	26	11	232	60	11	3	28	12
2030	223	58	11	3	27	11	251	65	12	3	30	13
2040	236	61	12	3	28	12	278	73	13	3	33	14
2050	249	65	12	3	30	13	308	80	14	3	36	15

No Quadro 5 apresentam-se os valores da estimativa do impacto da construção do NAL sobre a sinistralidade, para os cenários A a F são os apresentados no Quadro 4.

QUADRO 5 – Estimativas de frequências de ocorrência (cenários A a F, 2017-2050) resultantes da geração de tráfego pelo NAL.

Ano	A						B					
	Acidentes		Mortos		Feridos Graves		Acidentes		Mortos		Feridos Graves	
	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA
2017	105	71	5	4	14	12	107	71	5	4	14	12
2022	113	78	5	4	15	13	114	78	5	4	15	13
2030	131	94	6	5	17	16	133	93	6	4	17	16
2040	162	121	7	6	20	20	169	121	7	5	21	20
2050	189	144	8	6	23	24	198	144	8	6	24	23
Ano	C						D					
	Acidentes		Mortos		Feridos Graves		Acidentes		Mortos		Feridos Graves	
	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA
2017	109	71	5	4	14	12	102	68	4	4	13	12
2022	116	78	5	4	15	13	107	73	5	4	14	12
2030	136	93	6	4	17	16	119	82	5	4	15	14
2040	178	121	7	5	22	20	140	100	6	5	18	17
2050	209	145	8	10	25	19	158	115	7	5	20	19
Ano	E						F					
	Acidentes		Mortos		Feridos Graves		Acidentes		Mortos		Feridos Graves	
	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA	OTA	CTA
2017	104	68	4	4	13	12	106	68	5	3	14	12
2022	108	72	5	4	14	12	110	72	5	4	14	12
2030	121	82	5	4	15	14	124	82	5	4	16	14
2040	147	100	6	5	18	17	156	100	6	5	19	17
2050	167	115	7	5	21	19	178	115	7	5	22	19

4 – Os valores de frequências de ocorrências destinam-se a serem usadas em dois tipos de avaliação das configurações alternativas da rede fundamental de acessibilidade rodoviária (por auto-estrada) em jogo: o cálculo dos custos dos acidentes associados à respectiva operação (Quadro 5); e a confiabilidade da respectiva utilização (colunas de acidentes do Quadro 3).

Relativamente a este último indicador são de salientar alguns aspectos metodológicos não contemplados na análise, mas cuja importância não é despreciable e pode afectar significativamente as conclusões extraídas deste tipo de indicador.

Em primeiro lugar importa reconhecer que o universo de acontecimentos que podem originar intervenções afectando a operação de um sentido de circulação numa auto-estrada com bermas inferiores ao definido nas normas de traçado não se limita aos acidentes corporais. Para além destes acidentes, há acontecimentos imprevistos, como os acidentes só com danos materiais, os incidentes e as assistências a utentes com viaturas avariadas; há, também, intervenções previsíveis, como as decorrentes das operações de manutenção e conservação. Em última instância, estas últimas podem ser programadas, sendo certo que nem sempre podem ser executadas nos períodos de menor procura de tráfego.

Em segundo lugar, de acordo com a experiência de operadores nacionais, no referido universo de ocorrências, as imprevistas correspondem a cerca de 65% do número total e a 25% do tempo total de afectação da circulação. Acresce que somente 11% das intervenções terão sido originadas por acidentes (com e sem danos corporais); os incidentes corresponderão a 3% e as assistências a 51% do número total de intervenções. Em termos de tempo total de afectação das condições de circulação, os acidentes requerendo intervenção corresponderão a cerca de 6%, os incidentes a 1% e as assistências a, aproximadamente, 18%.

Por outro lado, sendo a taxa de acidentes corporais próxima dos 0,21 acidentes por milhão de veículos×km, a taxa de acidentes requerendo intervenção será da ordem dos 0,58 e a taxa de acidentes total aproximadamente de 1,05 acidentes por milhão de veículos×km. Àquelas taxas de ocorrência de acidentes requerendo intervenção correspondeu um tempo médio de intervenção de 0,34 minutos por milhão de veículos×km. Os correspondentes tempos médios de intervenção por motivo de incidente e de assistência foram de, respectivamente, 0,06 e 2,45 minutos por milhão de veículos×km, valores cujo total é consideravelmente superior ao devido aos acidentes.

Verifica-se, pois, que: o número de acidentes corporais é um mau indicador do número de acidentes requerendo intervenção do gestor da auto-estrada; o tempo total das intervenções devidas a acidentes corporais é um mau indicador do tempo total de intervenção por motivos imprevistos.

Aos referidos problemas na representação da confiabilidade dos tempos de percurso por um indicador exclusivamente associado ao número de (ou a uma taxa) de acidentes corporais acresce o problema da interpretação dos efeitos desse atributo sobre as acessibilidades terrestres ao NAL. Neste aspecto, essencialmente relacionado com a percepção social do fenómeno rodoviária e as atitudes face à escolha modal, algumas questões são pertinentes, para as quais não parece haver respostas consensualmente fundamentadas. Qual é a efectiva percepção da imprevisibilidade dos percursos? Quais os factores afectam essa percepção? Haverá elementos que permitam desagregar estes factores em função dos

percursos para cada localização alternativa? Qual é a sensibilidade da procura efectiva a essa percepção, e em que medida uma percepção de menor confiabilidade origina transferências do transporte individual para o público?

Referências:

Cardoso, J.L., Wichert, S., (2007). Modelos para acidentes e vítimas em auto-estradas portuguesas, considerando o funcionamento bi-direccional. (Em publicação).

Cardoso, J.L. (1994). Sinistralidade na rede rodoviária nacional no ano de 1990. Relatório nº152/94; NTSR, Proc^os 093/19/10727 e 093/11/10730. LNEC, Lisboa.