

# CUSTOS DOS UTENTES PARA A ANÁLISE DE CUSTOS DE CICLO DE VIDA DE ESTRADAS PORTUGUESAS

Bertha Santos<sup>1</sup>, Luís Picado-Santos<sup>2</sup> e Victor Cavaleiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade da Beira Interior, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Calçada Fonte do Lameiro, 6200-001 Covilhã, Portugal

email: [bsantos@ubi.pt](mailto:bsantos@ubi.pt) <http://www.ubi.pt>

<sup>2</sup>Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georecursos, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

<sup>3</sup>Universidade da Beira Interior, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Calçada Fonte do Lameiro, 6200-001 Covilhã, Portugal

---

## Sumário

*A experiência portuguesa, assim como a inclusão dos custos dos utentes das estradas (CUE) na determinação dos custos de ciclo de vida (CCV) de infraestruturas rodoviárias, é ainda bastante limitada. Como contributo para a inclusão destes custos nos CCV, apresenta-se neste artigo uma avaliação dos CUE para os cenários mais comuns de funcionamento e intervenção nos pavimentos. Tendo por base modelos internacionais (como o HDM-4), as práticas de gestão portuguesas e dados nacionais, é definido um modelo de CUE simplificado que pode ser incluído nas avaliações de CCV das infraestruturas rodoviárias portuguesas.*

---

**Palavras-chave:** Custos dos utentes; Custos de ciclo de vida; Qualidade dos pavimentos; Zonas de trabalhos.

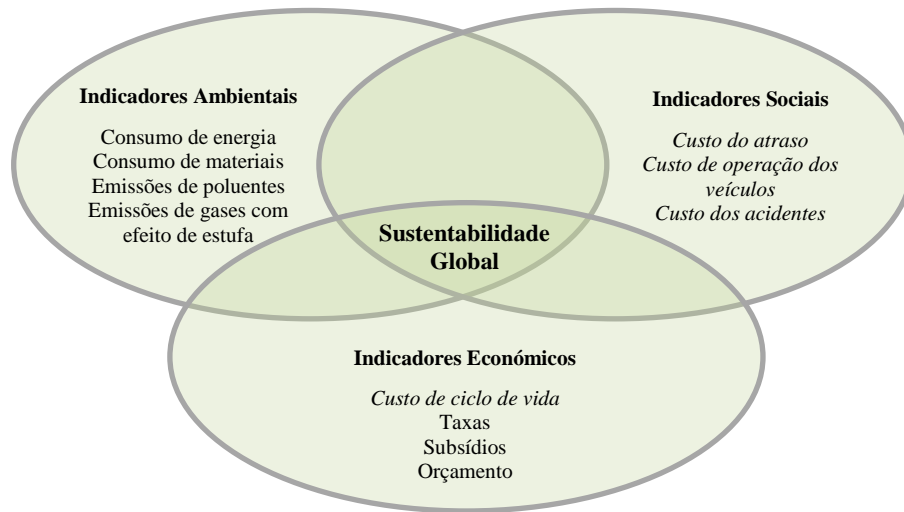
## 1 INTRODUÇÃO: O PAPEL DOS CUSTOS DOS UTENTES NAS AVALIAÇÕES DE CUSTOS DE CICLO DE VIDA DE ESTRADAS

A adoção de abordagens adequadas para a gestão das infraestruturas rodoviárias (em particular dos seus pavimentos), apoiadas em métricas económicas, sociais e ambientais, é fundamental para o crescimento/evolução da sustentabilidade dos sistemas de transporte rodoviário.

Cortes nos recursos financeiros disponíveis para a manutenção dos pavimentos, assim como o aumento do tráfego, têm colocado um peso significativo sobre os sistemas de gestão de pavimentos, sendo necessário, para a sustentabilidade do sistema, considerar um quadro de avaliação abrangente que tome em conta indicadores económicos, ambientais e sociais. Neste contexto, os custos dos utentes das estradas estão inseridos no grupo de indicadores sociais, como pode ser observado na Fig. 1.

Para o caso das infraestruturas de transportes, a metodologia de análise do custo de ciclo de vida constitui um processo que permite avaliar o valor económico total de um determinado projeto, já que considera na análise os custos iniciais e futuros (estes últimos convertidos em valor atualizado pelo processo de “desconto”). De entre os custos a considerar ao longo da vida do projeto é possível destacar os custos para os utentes, os custos de manutenção, reconstrução, reabilitação, restauração e os de reforço dos pavimentos [1].

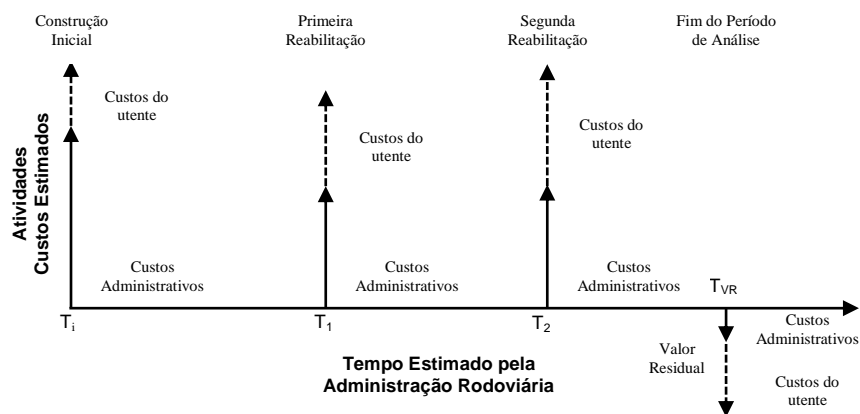
Esta ferramenta económica de análise permite às administrações rodoviárias quantificar os custos associados a opções alternativas de investimento para novos projetos de construção, assim como analisar as estratégias de conservação de ativos, para restrições económicas e temporais pré-determinadas.



**Fig. 1. Questões de sustentabilidade a considerar nos sistemas de gestão de pavimentos (adaptado de [2])**

As boas práticas na aplicação de análises de CCV devem incluir não apenas os gastos diretos suportados pelas administrações rodoviárias, como as atividades de construção ou manutenção, mas também os custos suportados pelos utentes e eventualmente os custos ambientais. Os custos dos utentes são custos induzidos aos utilizadores da infraestrutura e aos contribuintes em geral, resultantes de condições normais de operação da infraestrutura (este tipo de custo é muitas vezes semelhante entre alternativas e pode ser removido da maioria das análises) e de atividades de manutenção (zonas de trabalho), incluindo os custos do tempo de percurso, os custos de operação dos veículos e os custos associados aos impactos causados na segurança (custos dos acidentes).

Para auxiliar os analistas a visualizar as quantidades e momentos de intervenção previstos para o período de vida considerado na análise, podem ser preparados diagramas de fluxo de despesas. Um diagrama de fluxo de despesas ilustra as atividades iniciais e futuras das alternativas consideradas na análise, os custos para a administração e para os utentes associados a essas atividades e o momento em que ocorrem [3] (Fig. 2).



**Fig. 2. Diagrama de fluxo de despesas, mostrando atividades, custos e momentos (adaptado de [3])**

Apesar de se terem desenvolvido recentemente alguns trabalhos na área dos CCV [4] com base em trabalho anterior dos autores, uma abordagem CCV que inclua um modelo simplificado e fiável para obtenção dos CUE para condições portuguesas, não se encontra ainda disponível em Portugal. O desenvolvimento de um modelo de CUE simplificado para integrar plenamente estes custos, de forma abrangente, nos sistemas de análise de ciclo de vida ao nível do projeto, é assim o principal objetivo do trabalho apresentado.

## 2 MODELO PARA DETERMINAÇÃO DE CUSTOS DOS UTENTES DAS ESTRADAS

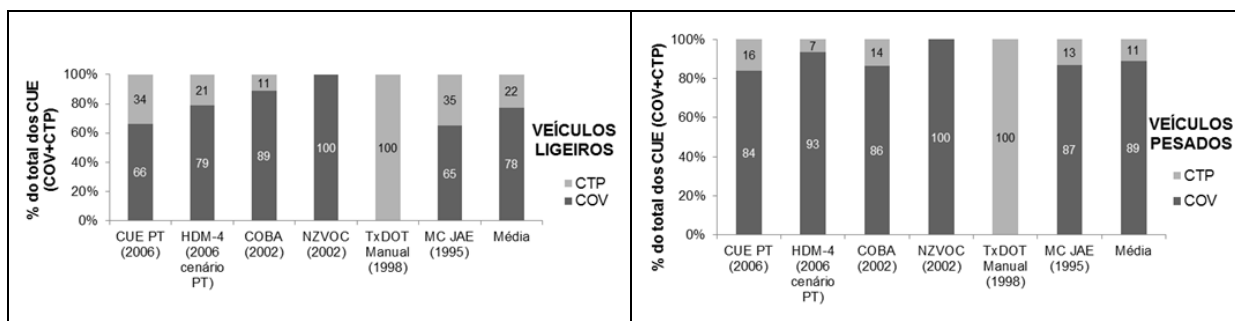
Definir os dados de entrada e um modelo simplificado para a determinação de custos dos utentes das estradas é sem dúvida uma tarefa difícil, no entanto, se conseguida, permite a inclusão destes custos nos processos de análise de CCV, reforçando a validade dos resultados obtidos.

A componente de CUE existente nas ferramentas de CCV é muitas vezes baseada no modelo de custos dos utentes do HDM-4 do Banco Mundial, o qual requer uma calibração cuidadosa na aplicação a determinada realidade. Tratando-se de um modelo mecanicista complexo, para o qual é necessário um grande número de parâmetros de entrada, em muitos países, como é o caso de Portugal, parte dessa informação não está disponível. Tendo em conta este facto, decidiu-se desenvolver um modelo simplificado CUE e definir os principais dados de entrada do modelo com base em informações obtidas junto de associações nacionais de transportadores (ANTRAM, ANTROP e ANTRAL), informação estatística oficial (INE), empresas, órgãos oficiais (PSP e GNR) e serviços de emergência (INEM).

Na definição da estrutura base do modelo simplificado foram considerados vários modelos de referência: o World Bank HDM-4 RUE [5]; o New Zealand vehicle operating cost model (NZVOC) [6]; o COst Benefit Analysis - COBA [7]; o Manual “Techniques for manually estimating road user costs associated with construction projects” usado no Texas Department of Transportation (TxDOT) [8]; e o modelo de custos integrado no antigo sistema de gestão de pavimentos da administração rodoviária portuguesa (Junta Autónoma de Estradas) [9], desenvolvido no início dos anos 90.

Salvaguardando as diferenças existentes nos preços das componentes de custo para os diferentes países, em especial as do combustível e do tempo, definido este último em função dos valores médios dos salários regionais ou nacionais, o gráfico da Fig. 3 apresenta a adequação do modelo proposto às tendências dos modelos internacionais estudados (custo de operação dos veículos e do tempo).

Para a determinação dos custos dos acidentes é proposta uma formulação bastante flexível, à semelhança das formulações existentes. No entanto, não é apresentada uma comparação de valores com outros modelos, já que a determinação deste custo inclui custos e dados específicos das regiões ou países em que se localizam as redes em análise (taxas de sinistralidade, tráfego, extensão da rede e custos unitários de assistência ao acidente e vítimas).



Nota: CUE PT – Modelo proposto para a rede rodoviária principal portuguesa

Fig. 3. Contribuição dos custos de operação dos veículos e dos custos do tempo nos custos dos utentes

De notar ainda que a proximidade entre os valores do modelo proposto e os obtidos na aplicação do HDM-4 ao cenário português, reflete o facto de o modelo simplificado se ter baseado essencialmente numa simplificação deste, especialmente para a definição das equações dos COV.

Na Fig. 4 é apresentado o processo proposto para a determinação dos custos dos utentes na rede rodoviária principal. As equações expostas correspondem às formulações gerais consideradas no cálculo dos custos, sendo o seu significado, assim como o desenvolvimento do modelo, apresentado nos pontos seguintes.

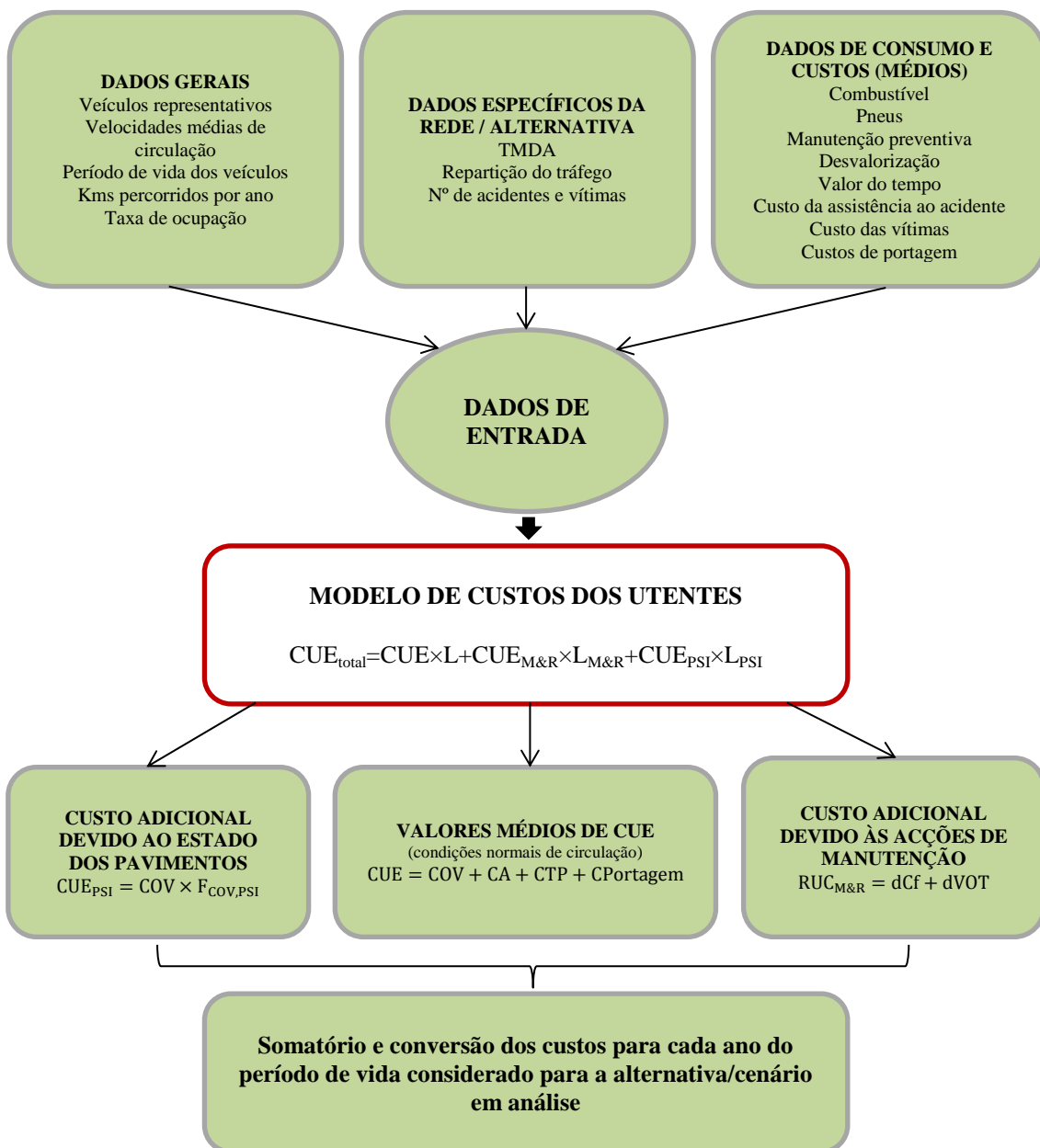


Fig. 4. Processo proposto para o cálculo dos custos dos utentes na rede rodoviária principal

## 2.1 Modelo base

A definição dos parâmetros, consumos e custos (dados de entrada do modelo) foi efetuada atendendo aos valores médios verificados para o cenário português. Com base nestes dados o modelo de CUE permite calcular custos médios para os utentes das estradas.

A formulação base, que permite a determinação de custos de operação dos veículos, de tempo de percurso, de acidentes e de portagens, para condições normais de funcionamento, é traduzida pelas expressões (1) a (9).

$$CUE = COV + CA + CTP + CPortagem \quad (1)$$

$$COV = TMDA \times \sum_{i=1}^4 (COV_i \times p_i) \quad (2)$$

$$CA = TMDA \times (\sum_{j=1}^3 CA_j + \sum_{k=1}^3 CV_k) \quad (3)$$

$$CTP = TMDA \times \sum_{i=1}^4 (CTP_i \times p_i) \quad (4)$$

$$CPortagem = TMDA \times \sum_{i=1}^4 (cportagem_i \times p_i) \quad (5)$$

Considerando, por veículo da classe  $i$ :

$$COV_i = Cc_i + Cp_i + Cm_i + Cd_i \quad (6)$$

$$CTP_i = 1/v_i \times \sum_{m=1}^2 (CT_m \times TO_{i,m}) \quad (7)$$

E para o conjunto de todas as classes de veículos (sem desagregação das classes):

$$CA_j = TS_j \times ca_j \quad (8)$$

$$CV_k = NMV_k \times cv_k \times \sum_{j=1}^3 TS_j \quad (9)$$

Em que  $CUE$  é o custo para os utentes da estrada [€/km/dia],  $COV$  é o custo de operação dos veículos [€/km/dia],  $CA$  é o custo dos acidentes [€/km/dia],  $CTP$  é o custo do tempo de percurso [€/km/dia],  $CPortagem$  é o custo da portagem paga pelo utente [€/km/dia],  $TMDA$  é o tráfego médio diário anual numa secção rodoviária [veículos/dia],  $i$  é a classe de veículo ( $i=1$  para veículos ligeiros de passageiros,  $i=2$  para veículos comerciais ligeiros,  $i=3$  para veículos pesados de mercadorias,  $i=4$  para veículos pesados de passageiros),  $COV_i$  é o custo de operação do veículo da classe  $i$  [€/km],  $p_i$  é a proporção de veículos da classe  $i$  para o TMDA considerado,  $j$  é o tipo de acidente ( $j=1$  para acidentes com feridos ligeiros,  $j=2$  para acidentes com feridos graves,  $j=3$  para acidentes com vítimas mortais),  $CA_j$  é o custo do acidente do tipo  $j$  [€/km/veículo],  $k$  é o tipo de vítima ( $k=1$  para as vítimas com ferimentos ligeiros,  $k=2$  para as vítimas com ferimentos graves,  $k=3$  para as vítimas mortais),  $CV_k$  é o custo da vítima do tipo  $k$  [€/km/veículo],  $CTP_i$  é o custo do tempo de percurso para um veículo da classe  $i$  [€/km/veículo],  $cportagem_i$  é o custo da portagem para o veículo da classe  $i$  [€/km/veículo],  $Cc_i$  é o custo do combustível para o veículo da classe  $i$  [€/km],  $Cp_i$  é o custo dos pneus para o veículo da classe  $i$  [€/km],  $Cm_i$  é o custo de manutenção para o veículo da classe  $i$  [€/km],  $Cd_i$  é o custo de desvalorização do veículo da classe  $i$  [€/km],  $v_i$  é a velocidade média de circulação dos veículos da classe  $i$  [km/h],  $m$  é a finalidade da viagem ( $m=1$  para viagens em tempo de trabalho,  $m=2$  para viagens em tempo de não-trabalho),  $CT_m$  é o custo do tempo para a finalidade de viagem  $m$  [€/h/ocupante],  $TO_{i,m}$  é a taxa de ocupação para o veículo da classe  $i$  e finalidade de viagem  $m$  [número de ocupantes/veículo],  $TS_j$  é a taxa de sinistralidade dos acidentes do tipo  $j$  [acidentes/veículo/km],  $ca_j$  é o custo por acidente do tipo  $j$  (assistência policial e médica) [€/acidente],  $NMV_k$  é o número médio de vítimas do tipo  $k$  por acidente [vítimas/acidente] e  $cv_k$  é o custo por vítima do tipo  $k$  [€/vítima].

Tendo em conta que as principais infraestruturas de transporte, na maioria dos países desenvolvidos, já se encontram construídas e em operação há vários anos, as administrações rodoviárias têm-se concentrado essencialmente na manutenção e reabilitação destas infraestruturas.

Os custos dos utentes resultantes de condições normais de operação (custos médios) são muitas vezes semelhantes entre alternativas e podem ser removidos da maioria das análises de ciclo de vida. No entanto, o efeito no custo devido à qualidade dos pavimentos e ao tipo e programação das ações de manutenção deve ser incluído na análise, já que estes podem variar significativamente em função do momento e do programa de

intervenção. De forma a incluir os efeitos descritos, a formulação base é completada como apresentado na expressão (10).

$$CUE_{total} = CUE \times L + CUE_{M\&R} \times L_{M\&R} + CUE_{PSI} \times L_{PSI} \quad (10)$$

Em que  $CUE_{M\&R}$  é o custo para o utente nos troços com obras de manutenção e reabilitação [€/km/dia],  $L_{M\&R}$  é o comprimento dos troços com obras de manutenção e reabilitação [km],  $CUE_{PSI}$  é o custo adicional, ou o decréscimo no custo do utente da estrada, devido ao estado dos pavimentos [€/km/dia] e  $L_{PSI}$  é o comprimento da secção rodoviária ou extensão da rede com determinado valor de PSI [km].

Como estes efeitos não foram explicitamente considerados no modelo base, a sua inclusão é efetuada através da determinação dos valores adicionais de COV e CTP, cujas estimativas constituem a parcela mais importantes dos custos dos utentes a considerar nas análises de custo de ciclo de vida de estratégias alternativas de manutenção e reabilitação para um determinado projeto.

Embora do ponto de vista da literatura da especialidade serem considerados mais significativos os custos adicionais devidos aos troços em obras, o efeito do estado dos pavimentos também foi estudado e incorporado na análise. Esta inclusão é justificada a fim de identificar, na perspetiva do custo suportado pelo utente, o melhor momento para realizar os trabalhos de manutenção e reabilitação dos pavimentos.

## 2.2 Incorporação do efeito dos troços em obras (zonas de trabalhos)

Os trabalhos de intervenção na infraestrutura rodoviária, quer tenham por objetivo reabilitar ou aumentar a capacidade da estrada, requerem a delimitação de zonas de trabalho para proteger utentes e trabalhadores. Ao reduzir a capacidade, as zonas de trabalho induzem, em geral, custos adicionais para os utentes devidos ao aumento do tempo de viagem, dos custos de operação dos veículos e, possivelmente, do número e gravidade dos acidentes [3]. A magnitude destes custos adicionais depende normalmente do período do dia, duração, tipo e número de troços com obras de construção e reabilitação que caracterizam cada alternativa de projeto. Estes fatores têm sido considerados em vários modelos e manuais em uso, sendo exemplos o HDM-4, o TXDOT e o NJDOT [5, 8, 10].

A diminuição da velocidade de operação nestas zonas leva à ocorrência de atrasos no tráfego, o que aumenta o tempo de percurso e o consumo de combustível (quando associado a situações de congestionamento), aumentando os valores do CTP e do COV. Algumas abordagens, como a do modelo QUADRO [11], consideram ainda o custo adicional associado ao aumento do número de acidentes nestas zonas, comparando as taxas de sinistralidade nos troços em obras com as verificadas em condições normais de operação. No entanto, as taxas de sinistralidade de zonas de trabalho não se encontram normalmente disponíveis em Portugal, de modo que não será considerada a inclusão deste custo adicional na formulação proposta.

Dos custos adicionais identificados, a influência mais significativa sobre os valores dos CUE em zonas de trabalho ocorre devido a variações na velocidade de operação. Para completar a formulação base dos CUE, estas variações, e consequentemente o tempo de viagem adicional (atraso), foram incorporadas pela consideração da extensão dos troços em obras, duração das intervenções e limite de velocidade afixado. Este último depende do período do dia com restrições (hora do dia e dia da semana) e do quadro legal aplicável, que normalmente admite a fixação de limites de velocidade mais baixos durante a noite. Os valores de velocidade adotados (valores constantes por classe de estrada e período do dia com restrição) também refletem as características de funcionamento do tráfego afetado e a configuração das zonas de trabalho.

No que respeita ao consumo adicional de combustível, considerando que os padrões de consumo apontam para a verificação de consumos mínimos a velocidades de circulação de 40-60km/h [5,7] e que o enquadramento legal aplicável a estradas multivias [12, 13] limita as concessionárias a garantir velocidades de operação máximas iguais ou superiores a 2/3 da velocidade de funcionamento normal nas zonas de trabalho com extensão máxima

de 10km, durante o período diurno (7h -21h), verifica-se na realidade uma diminuição do COV para as estradas com velocidades de operação elevadas.

Velocidades mais baixas, até 1/3 do limite de velocidade da estrada, são permitidas no período noturno, quando o volume de tráfego é normalmente mais baixo.

Tendo em conta os cenários descritos, o custo adicional de consumo de combustível foi apenas incorporado para os casos das estradas nacionais e regionais, podendo eventualmente ser considerado em estradas multivias a operar a velocidades baixas (até 1/3 do limite de velocidade da estrada). Nesses casos, durante o dia, existe uma probabilidade elevada de ocorrerem paragens frequentes, resultando num aumento do consumo de combustível associado ao movimento a velocidades muito baixas. Para traduzir o efeito destas situações foi considerado um consumo adicional de combustível igual a 20%. Este valor baseia-se na diferença entre os consumos urbano e combinado indicados pelos fabricantes dos veículos tomados como representativos do caso português.

Quando se torna necessário recorrer a desvios do tráfego, as variações nos custos de operação e do tempo devem ser consideradas como descrito anteriormente.

As expressões (11) a (14) permitem incorporar na formulação base os efeitos das intervenções programadas de manutenção e reabilitação.

$$CUE_{M\&R} = dCc + dCTP \quad (11)$$

$$dCc = TMDA \times \sum_{i=1}^4 (0.2 \times Cc_i \times p_i) \quad \text{para } v_{M\&R_i} \leq \frac{1}{3} \times v_i \text{ em ER, EN} \quad (12)$$

$$dCTP = TMDA \times \sum_{i=1}^4 (CTP_{M\&R_i} \times p_i) - CTP \quad (13)$$

$$CTP_{M\&R_i} = 1/v_{M\&R_i} \times \sum_{m=1}^2 (CT_m \times TO_{i,m}) \quad (14)$$

Onde  $dCc$  é o custo adicional de combustível nos troços em obras [€/km/dia],  $dCTP$  é o custo adicional do tempo de percurso nos troços em obras [€/km/dia],  $v_{M\&R_i}$  é a velocidade média de circulação nos troços em obras para os veículos da classe  $i$  [km/h], e  $CTP_{M\&R_i}$  é o custo do tempo de percurso nos troços em obras para os veículos da classe  $i$  [€/km/veículo].

### 2.3 Incorporação do efeito do estado dos pavimentos

O estado dos pavimentos das principais redes rodoviárias nacionais não apresenta em geral níveis elevados de degradação que influenciem significativamente a velocidade de circulação dos veículos. Por esta razão o efeito do estado dos pavimentos não foi considerado no CTP.

No entanto, existem várias formulações que traduzem a variação dos COV em função do PSI (Present Serviceability Index) ou IRI (International Roughness Index), sendo a maioria obtida por análises de regressão a dados reais. Constituem alguns exemplos as formulações apresentadas no HDM-4 [14], TRB [15], ASTM [16] e as desenvolvidas para o caso português para a Junta Autónoma de Estradas [9] e por Picado-Santos et al. [17].

A integração do efeito do estado dos pavimentos no modelo base dos custos dos utentes foi efetuada na componente dos COV através do índice PSI. Este índice representa o estado funcional e estrutural dos pavimentos e varia de 0 (para um pavimento bastante degradado) até 5 (para um pavimento novo), sendo usado atualmente pela administração rodoviária portuguesa. A expressão (15) [17], desenvolvida para a rede rodoviária nacional, deriva da versão usada no sistema de gestão de pavimentos do Estado do Nevada [18] e da expressão original desenvolvida durante o AASHO Road Test [19].

$$PSI = 5 \times e^{-0.0002598 \times IRI/2} - 0.002139 \times R^2 - 0.03 \times (C + S + P)^{0.5} \quad (15)$$

*PSI* representa o índice de qualidade do pavimento, *IRI* é o índice de irregularidade longitudinal do pavimento (mm/km), *R* é a profundidade média das rodeiras (mm), *C* é a área com fendilhamento e pele de crocodilo (m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup>), *S* é a área com degradação superficial de materiais (covas e peladas) (m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup>) e *P* é a área com reparações (m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup>).

O Quadro 1 apresenta os fatores propostos para correção do COV de forma a permitir a incorporação do estado dos pavimentos na formulação base dos CUE. Estes fatores foram definidos com base nos valores adotados nas formulações existentes, assim como em dados recentes sobre o estado dos pavimentos [20, 21] e o custo médio para o utente da rede rodoviária nacional [22].

Quadro 1. Fatores de correção de COV em função do PSI e IRI para calibração da formulação base dos CUE

PSI	IRI (m/km)	Fatores de correção para o COV
0	4.25	1.15
2.0	3.50	1.05
3.5	2.00	1.00
4.7	0.50	0.95
5.0	-	0.95

Os intervalos de valores considerados foram definidos com base num conjunto de cenários de qualidade dos pavimentos expectáveis para a rede portuguesa (cenários extremos, médios e de intervenção no pavimento). O cenário de referência, com um fator de correção igual a 1, corresponde à situação apurada pela EP, S.A. para o estado dos pavimentos da rede rodoviária nacional apresentado por Trindade, M. [21], com um PSI de aproximadamente 3,5 e para o CUE definido por Santos, B. [22, 23] para o mesmo período.

Tendo em conta que a administração rodoviária nacional considera como indicador de necessidade de intervenção no pavimento a verificação de índices de qualidade PSI inferiores ou iguais a 2, esta situação foi considerada no conjunto de cenários apresentados no Quadro 1. Com base nas formulações estudadas foi definido para esta situação um fator de correção igual a 1,05. Para os cenários extremos foram considerados ganhos de 5% para pavimentos novos e agravamentos de 15% para pavimentos muito degradados.

Nas Figs. 5 e 6 podem ser observadas as curvas obtidas para a variação agregada (considerando repartições típicas portuguesas para o tráfego e componentes de COV) do fator de correção de COV em função de PSI e IRI para as formulações estudadas e proposta. Nestas figuras, as curvas propostas (RUC\_PT) foram obtidas por análises de regressão aplicadas aos cenários definidos no Quadro 1.

Para o intervalo de valores de PSI e IRI expectáveis para uma rede rodoviária nacional, isto é, PSI entre 2 e 4 e IRI até 3,5m/km, os modelos apresentam resultados similares. Valores muito baixos de PSI ou muito elevados de IRI (como os considerados no HDM-4) não são comuns em redes rodoviárias nacionais.

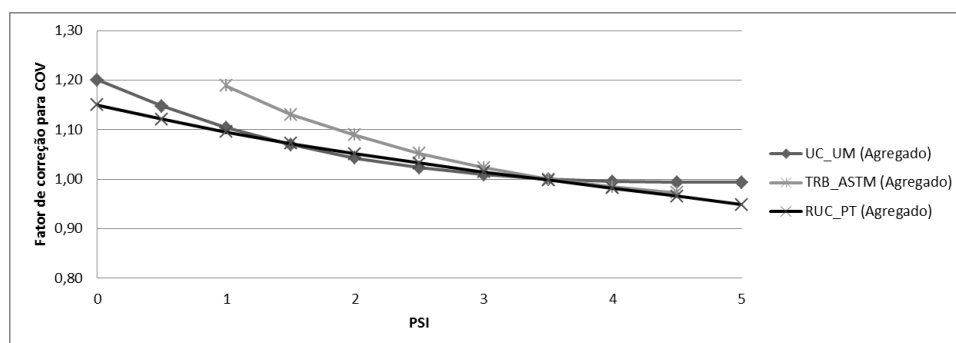
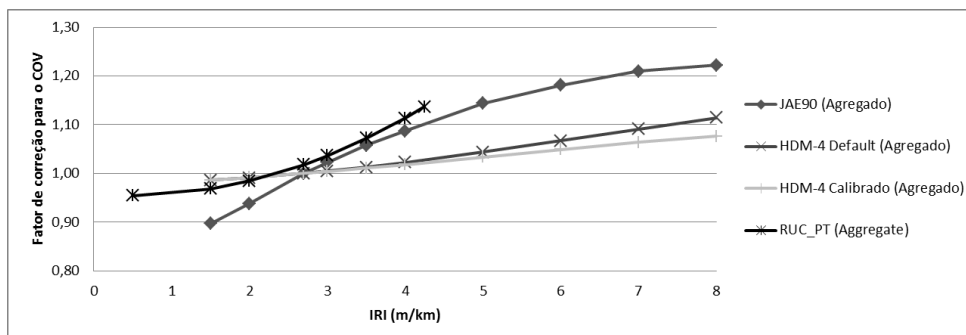


Fig. 5. Fatores de correção do COV em função de PSI para os modelos estudados (UC\_UM, TRB\_ASTM) e proposto (RUC\_PT)





**Fig. 6. Fatores de correção do COV em função de IRI para os modelos estudados (JAE90, HDM-4,) e proposto (RUC\_PT)**

Os resultados apresentados foram incorporados na formulação base através das expressões (16) e (17).

$$CUE_{PSI} = COV \times (F_{COV,PSI} - 1) \quad (16)$$

$$F_{COV,PSI} = -0.0006 \times PSI^3 + 0.0072 \times PSI^2 - 0.0612 \times PSI + 1.1498 \quad (17)$$

Em que  $F_{COV,PSI}$  é o fator de correção do COV para determinado valor de PSI.

### 3 CONCLUSÕES

O facto dos custos dos utentes não serem debitados dos orçamentos das administrações rodoviárias como são os custos de construção e manutenção, combinado com a incerteza associada à determinação de alguns dos valores e custos envolvidos (como o custo do atraso e o impacto dos troços em obras nas taxas de sinistralidade), podem influenciar os decisores no sentido de atribuir uma menor importância aos custos suportados pelos utentes, restringindo assim a sua capacidade para encontrar soluções otimizadas com custo total mais baixo.

Por outro lado, apesar de existirem atualmente um conjunto significativo de modelos de custos dos utentes com estruturas conceptuais fortes, que podem ser calibrados para diversas realidades, muitos países ou regiões não possuem os meios necessários para obter e atualizar todos os dados necessários para uma adequada calibração dos mesmos.

O modelo de CUE proposto resolve o problema da quantidade e disponibilidade da informação necessária para calibrar modelos como o HDM-4, permitindo igualmente a sua aplicação a diferentes realidades.

Com as alterações propostas para incluir o estado dos pavimentos e as zonas de trabalho é possível calcular e considerar, ao longo de todo o período de vida dos pavimentos, não só os custos médios dos utentes, mas também os associados aos períodos de intervenção programados (manutenção e reabilitação), sustentando a inclusão destes custos nas análises de CCV e permitindo a obtenção de soluções otimizadas.

### REFERÊNCIAS

1. TEA-21 *Transportation Equity Act for the 21st Century*, Public Law 105-178, USA, June 9, 1998.
2. Zhang, H., *Sustainable Pavement Asset Management Based on Life Cycle Models and Optimization Methods*, PhD Dissertation, University of Michigan, April 5, 2009.

3. FHWA - Federal Highway Administration, *Life-Cycle Cost Analysis Primer*, U.S. Department of Transportation, FHWA, Office of Asset Management, August, 2002.
4. Ristu, T., *Pavement Evaluation Based on the Life-Cycle Cost Analysis: Application to a Typical Portuguese Motorway*, MSc dissertation submitted under the Complex Transportation Infrastructure Systems, MIT-Portugal program, DECivil-Instituto Superior Técnico, Technical University of Lisbon, 2012.
5. Bennett, C. and Greenwood, I., *Modelling road user and environmental effects in HDM-4*, Volume 7, The Highway Development and Management Series, PIARC, Paris, 2004.
6. Transfund, *Using the NZVOC Model To Prepare PEM Vehicle Operating Costs*, Data Collection Ltd., New Zealand, 2003.
7. Department for Transport, Scottish Executive Development Department, Welsh Assembly Government / Llywodraeth Cynulliad Cymru, The Department for Regional Development / Northern Ireland, *Design Manual for Roads and Bridges*, Volume 13: Economic Assessment of Road Schemes, Section 1: *The COBA Manual*, UK, 2006.
8. Daniels, G., Ellis, D. e Stockton, Wm., *Techniques for manually estimating road user costs associated with construction projects*, Texas Transportation Institute, USA, 1999.
9. GEPA - Gestão de Pavimentos, *Sistema de Gestão da Conservação - Sistema de Custos dos Utentes*, Junta Autónoma de Estradas, Lisboa, Contrato 4915, 1995.
10. NJDOT - New Jersey Department of Transportation, *Road User Cost Manual*, 2001.
11. Department for Transport, Scottish Executive Development Department, Welsh Assembly Government / Llywodraeth Cynulliad Cymru, The Department for Regional Development / Northern Ireland, *Design Manual for Roads and Bridges*, Volume 14: Economic Assessment of Road Maintenance: *The QUADRO Manual*, UK, 2006.
12. Lei n.º 24/2007 de 18 de Julho, Diário da República n.º 137, 1ª Série.
13. Decreto Regulamentar n.º 12/2008 de 9 de Junho, Diário da República n.º 110, 1ª Série.
14. The World Bank, *HDM-4 Road User Costs Model*, Version 2.00, Washington, USA, 2010.
15. Zaniewski, J., *Fuel consumption related to roadway characteristics*, TRB, 1983.
16. ASTM, *Measuring Road Roughness and Its Effects on User Costs and Comfort*, ASTM-STP 884, p. 127-142, 1983.
17. Picado-Santos, L., Ferreira, A. & Pereira, P., Estruturação de um Sistema de Gestão de Pavimentos para uma Rede Rodoviária de Carácter Nacional, *CEC-Revista Engenharia Civil* N.º 26, 45-59, 2006.
18. Sebaaly, P. E., Hand, A., Epps, J. & Bosch, C., *Nevada's Approach to Pavement Management*, Transportation Research Record, Vol. 1524, 109-117, 1996.
19. HRB, *The AASHO road test*, Highway Research Board, Report 5 – Pavement Research, Special Report 61E, National Academy of Sciences, 1962.
20. Picado-Santos, L. e Pereira, P., Pavement Characterization Report, IC1- Costa de Prata, ACIV, DCE - Universidade de Coimbra, Relatório AENOR n.º1, 2009.
21. Trindade, M. e Horta, C., O sistema de gestão de pavimentos da EP – Estradas de Portugal, S.A., XV CILA - Congresso Ibero-Latino Americano do Asfalto, Lisboa, Portugal, 2009.
22. Santos, B., *Modelação dos custos dos utentes na gestão da estrada*, Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Portugal, 2007.
23. Santos, B., Picado-Santos, L. & Cavaleiro, V. (2011). A simplified road user costs model for Portuguese highways. Transportation Research Record (TRB): Journal of the Transportation Research Board, Volume 2225 / 2011, pages 3-10, Washington, USA.