

# DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE APOIO AO PLANEAMENTO DE INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS

João Morgado<sup>1,2</sup>, José Neves<sup>2</sup> e Luís Picado-Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estradas de Portugal, Direcção de Construção e Manutenção, Praça da Portagem, 2809-013 Almada, Portugal  
email: [joao.g.morgado@estradas.pt](mailto:joao.g.morgado@estradas.pt)      <http://www.estradasdeportugal.pt>

<sup>2</sup> CESUR, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Avenida Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

---

## Sumário

*As intervenções de conservação e reabilitação em pavimentos rodoviários podem afetar significativamente os utentes da infraestrutura, dependendo do contexto no qual se insere. No caso de se estar na presença de volumes de tráfego significativos, o planeamento de intervenções de conservação e reabilitação reveste-se de uma maior complexidade, tornando-se indispensável a avaliação dos efeitos sentidos pelos utentes. O presente artigo descreve o desenvolvimento de uma metodologia com o objetivo de identificar as diferentes alternativas possíveis no que diz respeito ao planeamento das intervenções que são necessárias implementar, sendo demonstrada a sua aplicabilidade com base em dois casos de estudo.*

---

**Palavras-chave:** pavimentos rodoviários; conservação e reabilitação; zonas de trabalho; custos do utente.

## 1 INTRODUÇÃO

O planeamento de intervenções de reabilitação em pavimentos rodoviários é um processo complexo, sobretudo em situações de tráfego elevado pela necessidade de mitigação dos impactes para os utentes nas intervenções de vias em serviço. Factores como a tipologia da intervenção, as características da via e os volumes de tráfego que a solicitam, irão determinar a intensidade da perturbação sentida pelos utentes ao circularem em zonas de trabalho.

No contexto da gestão das intervenções nos pavimentos, esta questão tem sido abordada de diversas formas: (1) através do desenvolvimento de metodologias específicas para o planeamento de intervenções que consagram o efeito para os utentes da infraestrutura; (2) pela realização de estudos do funcionamento das zonas de trabalho, otimizando-se diversos atributos das mesmas; (3) através da criação de instrumentos de natureza jurídica e normativa, aplicáveis a esta problemática.

No âmbito das metodologias de gestão de pavimentos, tais como os sistemas de gestão, é frequente a atribuição de um valor monetário aos impactes provocados no utente, procurando-se posteriormente minimizar o custo global que resulta da soma desse valor ao custo das próprias intervenções. Existem diversas metodologias que permitem a obtenção dos referidos custos tais como: o modelo *ROADWORK* que integra a versão 4 do *Highway Development and Management Model* [1], o modelo do custo dos utentes do *Texas Department of Transport* [2] ou o modelo de custos dos utentes da *Federal Highway Administration (FHWA)* que integra o modelo de análise de custos de ciclo de vida de pavimentos desenvolvido pela mesma instituição [3]. Contudo, na presença de tráfego elevado, a contabilização dos custos para utentes pode levar a valores superiores ao custo da própria intervenção como resultado dos atrasos provocados na circulação [4], alterando os propósitos do processo. Ainda assim, os custos para os utentes não devem ser excluídos da decisão, cabendo aos decisores a inclusão dos mesmos de forma ponderada na decisão a tomar [5].

Relativamente às zonas de trabalho associadas a intervenções em pavimentos, têm sido desenvolvidos inúmeros estudos que incidem sobre diversos aspectos das mesmas tais como a capacidade, a avaliação de velocidades e tempos de atraso, segurança e gestão do tráfego, sendo identificadas diversas variáveis determinantes no seu

funcionamento [6,7]. São igualmente frequentes os estudos relativos à optimização das zonas de trabalho, nos quais a extensão e a programação de trabalhos são as variáveis tipicamente optimizadas. Têm sido desenvolvidas ferramentas de simulação de zonas de trabalho tais como o *CA4PRS* [8] ou o *QuickZone* [9], as quais permitem ao decisor uma avaliação prévia dos impactes provocados por um determinado tipo de intervenção. Também as ferramentas de micro-simulação de tráfego têm sido utilizadas para o estudo da circulação em zonas de trabalho.

No que diz respeito à regulação e enquadramento contratual deste tipo de intervenções, também diversas opções têm sido exploradas, quer através da utilização de novas modalidades contratuais baseadas na menor perturbação possível provocada à circulação, quer através da imposição de condições mínimas de circulação em troços em obras (de cariz geométrico ou de limitações horárias) [10].

Refira-se que no contexto nacional, a Lei n.º 24/2007 de 18 de Julho [11], veio definir os direitos dos utentes perante situações de obras nas vias dotadas de perfil transversal com faixas separadas e, no mínimo, com duas vias em cada sentido, sendo uma das vertentes consagradas a fixação de condições mínimas de circulação nos troços em obra, definindo-se no Decreto Regulamentar n.º 12/2008 de 9 de Junho [12], por exemplo, a existência de duas vias de circulação em cada sentido, salvo em período no período compreendido entre as 21 e as 7 horas no qual é admitida a existência de apenas uma via de circulação em cada sentido.

Entendeu-se pois como necessário o desenvolvimento de uma metodologia de cariz integrado que pudesse servir de suporte aos decisores na avaliação das diferentes alternativas de planeamento de intervenções, reflectindo da melhor forma possível os diferentes aspectos envolvidos, sobretudo num contexto de tráfego elevado no qual existem várias opções a ponderar face às restrições que se colocam.

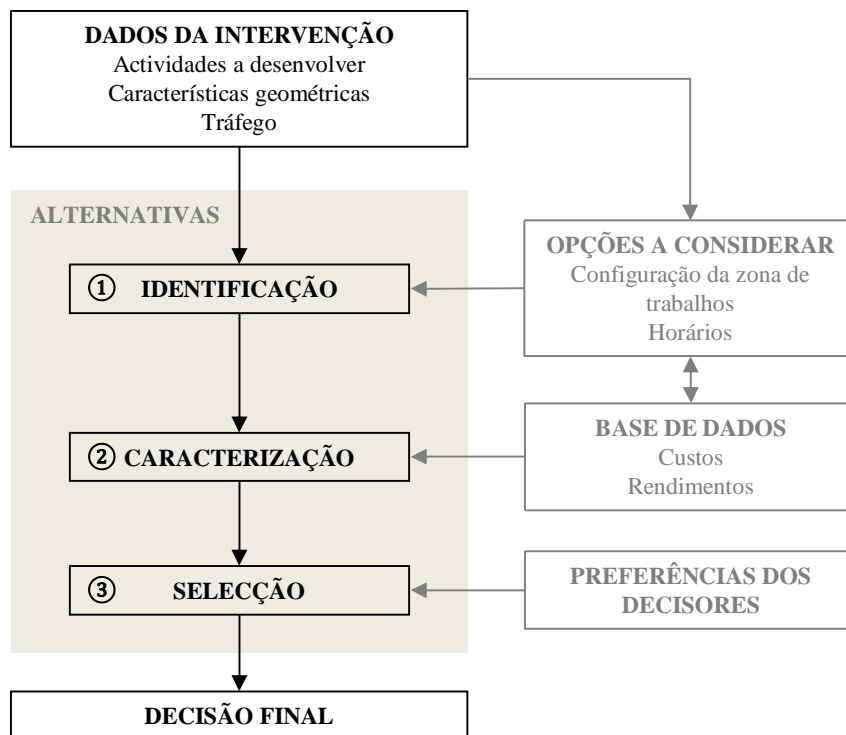
Assim, o presente artigo descreve o desenvolvimento de uma metodologia com o objectivo de analisar as diferentes alternativas no que diz respeito ao planeamento de intervenções de reabilitação de pavimentos rodoviários entendidas como necessárias [13]. Esta metodologia tem a preocupação subjacente de integrar, quer os custos da administração rodoviária, quer os efeitos sentidos pelo utente ao circular em zonas de trabalho, aplicando-se a estradas com dupla faixa de rodagem e com duas ou mais vias por sentido com volumes de tráfego significativos. Com base em dois casos de estudo, é demonstrada a sua aplicabilidade como um complemento válido à experiência existente neste contexto de decisão, ao permitir a identificação e a clara caracterização das alternativas de maior relevo para a execução de uma dada intervenção.

## **2 METODOLOGIA DESENVOLVIDA**

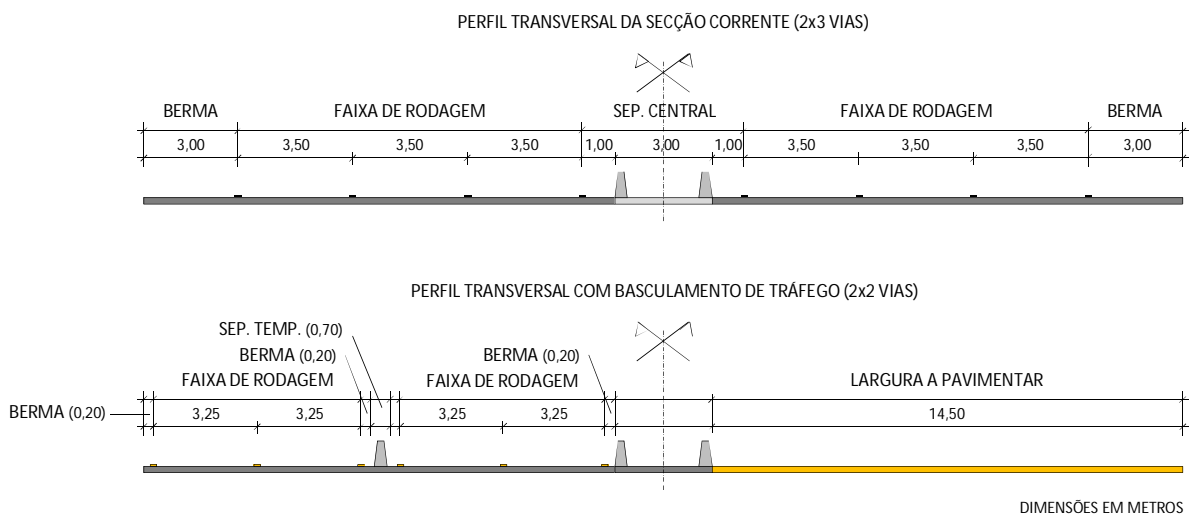
A metodologia apresentada tem como característica central o facto de, no âmbito do processo de decisão, considerar os efeitos sentidos pelo utente como um atributo de cada alternativa, evitando a atribuição de um valor monetário a esses efeitos. Esta metodologia assenta em três etapas fundamentais (ver Figura 1): (1) a identificação do conjunto de alternativas exequíveis para o planeamento de uma determinada intervenção atendendo ao contexto; (2) o cálculo dos principais atributos caracterizadores de cada alternativa; (3) a definição de um método de apoio à decisão de forma a reflectir as preferências dos decisores ao avaliar cada alternativa. No que diz respeito ao método de apoio à decisão, é utilizada a análise multicritério na qual, o custo da intervenção, a duração da mesma e o atraso verificado no tráfego são os critérios consagrados.

### **2.1 Identificação de alternativas**

A identificação de alternativas resulta da combinação das diferentes configurações possíveis para a zona de trabalhos e das diferentes opções relativas aos horários de trabalho a considerar. Quanto às configurações da zona de trabalhos e atendendo ao contexto de aplicação já identificado, as principais opções são as seguintes: (1) permitir ou não basculamentos de tráfego para a faixa de sentido oposto; (2) redução do número de vias abertas ao tráfego para o mesmo sentido de circulação; (3) extensão fixa da zona de trabalhos ou extensão definida em função da janela temporal disponível; (4) tipo de zona de trabalhos (zona de trabalhos de carácter permanente na qual os constrangimentos à circulação têm lugar em toda a duração da intervenção, ou de carácter temporário, existindo apenas constrangimentos no decorrer da execução dos trabalhos). O perfil transversal existente é analisado, sendo de início definidos automaticamente os perfis transversais detalhados a implementar nas diversas fases da obra de acordo com as opções disponíveis (ver Figura 2).



**Fig. 1. Estrutura simplificada da metodologia**



**Fig. 2. Exemplo de perfil transversal existente e adaptação do mesmo para uma das fases de obra**

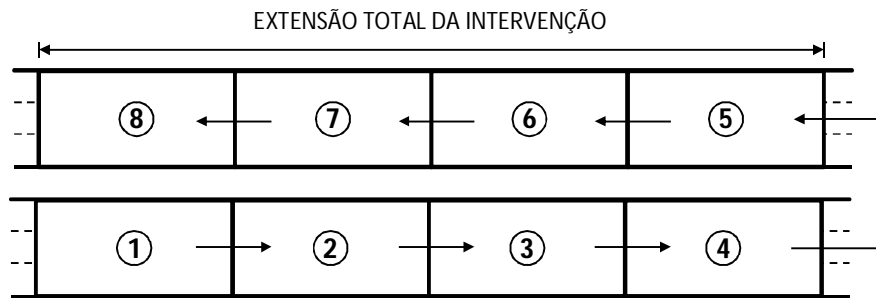
Quanto aos horários de trabalho, foi identificado o conjunto representativo das opções mais adoptadas, sendo efectuada a distinção entre aqueles a considerar para zonas de trabalho de carácter temporário e os aplicáveis a zonas de trabalho de carácter permanente. No primeiro caso são contemplados essencialmente o trabalho nocturno, o trabalho em contínuo ao fim-de-semana e o trabalho em período diurno não coincidente com as horas de ponta. Para as zonas de carácter permanente, mais associadas à menor necessidade de prevenir eventuais constrangimentos na circulação, inclui-se o trabalho em período diurno (com a duração de 8 ou 12

horas) incluindo, ou não, o fim-de-semana e o trabalho contínuo em turnos consecutivos. O Quadro 1 descreve as opções base para ambos os tipos de zona de trabalho (temporárias e permanentes).

**Quadro 1. Opções de horário de trabalho para zonas de carácter temporário e permanente**

<b>Zonas de carácter temporário</b>					
<b>Opção</b>	<b>Dias úteis</b>		<b>Fim-de-semana</b>		<b>Exemplo</b>
	<b>Dia</b>	<b>Noite</b>	<b>Dia</b>	<b>Noite</b>	
<b>1</b>					Noites de Segunda a Quinta-feira 22:00 às 7:00 do dia seguinte
<b>2</b>					Todas as noites, nos dias úteis das 22:00 às 7:00 do dia seguinte, ao fim-de- semana das 20:00 às 8:00 do dia seguinte
<b>3<sup>(a)</sup></b>					Fim-de-semana, início Sexta-feira às 22:00 e fim Segunda-feira às 7:00
<b>4<sup>(b)</sup></b>					Dias úteis no período fora de ponta 10:00 às 20:00, no sentido de entrada 7:00 to 17:00, no sentido de saída
<b>Zonas de carácter permanente</b>					
<b>Opção</b>	<b>Dias úteis</b>		<b>Fim-de-semana</b>		<b>Exemplo</b>
	<b>Dia</b>	<b>Noite</b>	<b>Dia</b>	<b>Noite</b>	
<b>5</b>					Dias úteis 8:00 às 17:00
<b>6</b>					Dias úteis (horário alargado) 8:00 às 20:00
<b>7</b>					Todos os dias 8:00 to 17:00
<b>8</b>					Todos os dias (horário alargado) 8:00 to 20:00
<b>9</b>					Trabalho contínuo (24h/dia)
<i><sup>(a)</sup> Incluindo a noite de Sexta-feira e a madrugada de Segunda-feira</i>					
<i><sup>(b)</sup> Apenas aplicável a distribuições de tráfego diário assimétricas (movimentos de entrada e saída das cidades) e para configurações que não envolvam basculamento de tráfego</i>					

Das diferentes configurações possíveis para a zona de trabalhos e das opções relativas aos horários de trabalho, resulta o conjunto de alternativas a considerar para a intervenção. De forma a garantir a aplicabilidade da metodologia a intervenções de diferente complexidade são considerados um ou mais ciclos de trabalho. Como exemplo, uma intervenção que inclua apenas a substituição da camada de desgaste existente corresponde só a um ciclo, enquanto que numa reabilitação estrutural a fresagem do pavimento existente e colocação de uma nova camada betuminosa de reforço corresponde a um primeiro ciclo, seguindo-se um segundo no qual é colocada a nova camada de desgaste. O conceito de ciclo traduz-se numa sequência completa de trabalho de acordo com a progressão ilustrada na Figura 3.



**Fig. 3. Progressão de trabalhos**

Cada ciclo é pois caracterizado por uma determinada configuração da zona de trabalhos com base na qual têm lugar as diversas actividades inerentes ao mesmo, podendo esta ser distinta no ciclo seguinte. No que diz respeito à colocação da camada de desgaste, algumas misturas betuminosas (tais como as drenantes) exigem que o seu espalhamento seja feito em toda a largura da faixa, limitando-se dessa forma a existência de juntas de construção. Nestes casos o basculamento de tráfego é necessário levando a que no ciclo correspondente à colocação da camada de desgaste seja utilizada uma configuração distinta. No que respeita ao horário de trabalho, face à sua relação directa com os efeitos provocados na circulação, será idêntico em todos os ciclos.

## 2.2 Caracterização das alternativas

Identificadas as alternativas é efectuada a sua caracterização em termos de atributos, que se pretendem suficientemente representativos das problemáticas existentes neste contexto de decisão. O custo da intervenção surge naturalmente como o atributo mais relevante ainda que no presente contexto de análise a existência de elevados volumes de tráfego exija que outros atributos sejam considerados. Assim, foram também considerados a duração da intervenção e os efeitos para os utentes. A duração da intervenção pretende definir a extensão da exposição dos utentes à existência de um troço em obras, enquanto que, através dos efeitos para os utentes (tais como o acréscimo no tempo de viagem) se pretende avaliar a magnitude da perturbação provocada.

O cálculo do custo da intervenção é efectuada com base nos custos unitários das diversas actividades a desenvolver e nas respectivas quantidades de trabalho. Todavia, na presença de diferentes horários de trabalho, os custos de mão-de-obra variam, podendo aumentar significativamente em alguns casos. Com o intuito de garantir a simplicidade da metodologia, as actividades de mobilização e desmobilização associadas a cada período de trabalhos e que contribuem necessariamente para o aumento do custo total são incluídas de forma indirecta ao admitir-se um acréscimo de 5% no custo das restantes actividades executadas nesse período. Posteriormente, com base nas variações do custo da mão-de-obra aferidas através da actual legislação laboral (Lei n.º 7/2009 de 12 de Fevereiro [14]) e assumindo uma contribuição de 20% para o custo da mão-de-obra face ao custo total, foi definido para cada horário de trabalho um factor de variação de custo (obtendo-se valores entre 1,0 e 1,6). Assim, o custo total da intervenção é obtido a partir da soma do custo de cada actividade (considerando a custo unitário e a respectiva quantidade de trabalho a executar) e dos custos de mobilização e desmobilização. Esta soma é posteriormente multiplicada pelo factor de variação de custo correspondente ao horário em causa. Dada a sua maior simplicidade, o custo de mobilização e desmobilização é admitido como igual a zero para as zonas de carácter permanente.

O cálculo da duração da intervenção é baseado nos rendimentos admitidos para cada actividade a executar, considerando as respectivas quantidades de trabalho. De forma a garantir a contabilização de outros momentos tais como arrefecimento das misturas betuminosas ou a execução da marcação provisória, são considerados períodos fixos associados à mobilização e desmobilização. Assim, cada vez que se inicia um período de trabalho, é subtraída ao mesmo a duração da mobilização e desmobilização, estimando-se a extensão que é possível pavimentar nesse período com base nos rendimentos considerados representativos das actividades a executar. Este processo é repetido de forma iterativa até ser igualada a extensão total do troço, admitindo-se que os trabalhos têm início no sentido oposto no próximo dia de trabalho (em função do horário definido), repetindo-se a mesma sequência tal como descrito na Figura 3.

Quanto aos efeitos para os utentes diversos atributos poderiam ser considerados, existindo diferentes metodologias para a avaliação dos mesmos. Ainda que a modelação dos fluxos de tráfego seja uma área de investigação bastante desenvolvida incluindo a problemática das zonas de trabalho, optou-se por uma metodologia simples, devidamente validada e integrável com a ferramenta desenvolvida. A escolha recaiu sobre o modelo de custo dos utentes da *Federal Highway Administration* [3], modelo que, de forma determinística e analisando as condições de circulação numa base horária, permite a obtenção do acréscimo do tempo de viagem e do comprimento da fila de veículos a montante da zona de trabalhos.

Todavia, os referidos efeitos avaliados pelo modelo da *FHWA* dependem da configuração da zona de trabalhos (considerando o número de vias disponíveis e as respectivas larguras) e do volume de tráfego que circula no decorrer dos horários de trabalho escolhidos, verificando-se diversas combinações distintas no decorrer da totalidade da intervenção. Assim, após a simulação de todos os momentos que terão lugar, são contabilizados parâmetros adicionais tais como a percentagem do tráfego total que irá sofrer atrasos no tempo de viagem (pelo facto de percorrer uma zona de trabalhos), a percentagem do tráfego total sujeita a congestionamentos ou a distribuição do tempo de atraso para a totalidade dos veículos que circulam no troço. Com base nesta distribuição, além do atraso máximo verificado, é ainda obtido o percentil 85 dessa distribuição por se entender que é um atributo que traduz com razoabilidade o atraso no tempo de viagem.

Com base nos atributos obtidos ainda antes da selecção de alternativas, o modelo permite que diversas restrições relativas ao contexto da própria intervenção sejam consideradas, permitindo a exclusão de alternativas não exequíveis das fases de decisão subsequentes. As restrições incluídas são as seguintes: (1) largura mínima de cada via de circulação na fase de obra; (2) número mínimo de vias por sentido na fase de obra; (3) atraso máximo verificado (valor máximo da distribuição); (4) duração máxima da intervenção.

### 2.3 Selecção de alternativas

A aplicação da metodologia desenvolvida é demonstrada através de dois casos de estudo, cuja escolha se baseou no contexto de aplicação pretendido para a mesma, troços de auto-estradas com valores elevados de tráfego implicando preocupações acrescidas ao nível do planeamento de intervenções de reabilitação. Foram seleccionados dois troços localizados na Área Metropolitana de Lisboa: (1) A5 entre o nó do Estádio (km 8+100) e o nó de Oeiras (km 11+600); (2) A2 entre o nó de Coima (km 24+200) e o nó de Palmela (km 35+400). O perfil transversal tipo é semelhante em ambos os casos, existindo 3 vias em cada um dos sentidos. A Figura 4 ilustra as distribuições de tráfego consideradas sendo perceptível a existência de períodos de ponta da manhã e da tarde durante os dias úteis. No troço da A5 o tráfego médio diário anual é de 65 000 veículos e no troço da A2 é de 18 000 veículos.

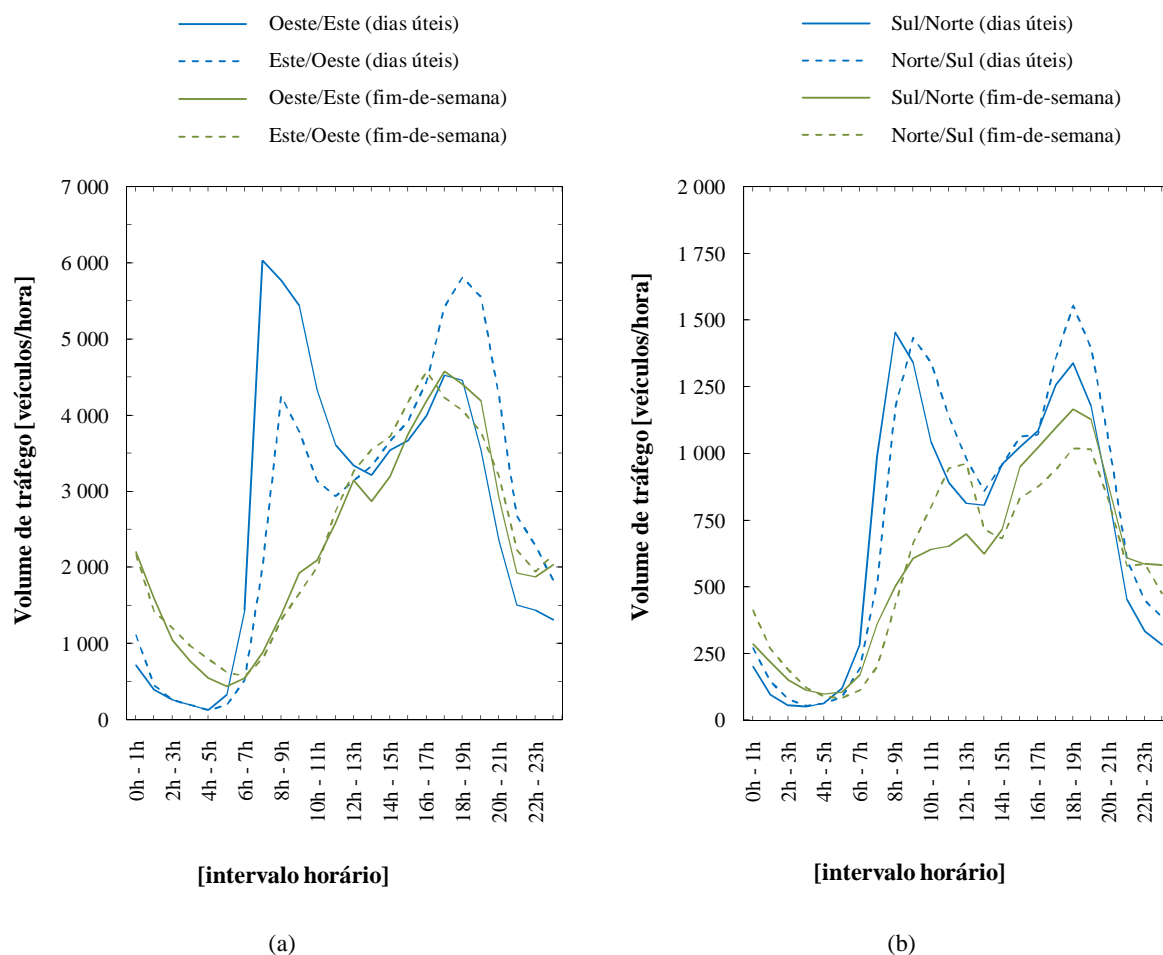
Para estes casos de estudo foi contemplada uma intervenção de reabilitação tipo, fresagem do pavimento existente e colocação de uma camada de reforço e a colocação da nova camada de desgaste (dois ciclos de trabalho). As opções para a configuração da zona de trabalhos foram as já descritas anteriormente, sendo detalhadas em função das características geométricas de cada caso. As opções consideradas para o horário de trabalho foram as descritas no Quadro 1.

Para os custos unitários e os rendimentos das actividades foram consultados diversos empreiteiros, obtendo-se valores representativos e ajustados às opções de configuração da zona de trabalhos e aos horários a considerar. Assim, o custo assumido para a intervenção foi de 12,30 €/m<sup>2</sup> (para a totalidade das actividades), enquanto que para o rendimento foi considerado um valor médio de 850 m<sup>2</sup>/h para a colocação da camada de desgaste (considerando basculamento de tráfego) e de 700 m<sup>2</sup>/h ou 550 m<sup>2</sup>/h para a camada de reforço em função de, respectivamente, se considerar ou não basculamento de tráfego. Foram também admitidos valores típicos para a capacidade das zonas de trabalho em função da configuração das mesmas.

Para a capacidade das vias em regime livre foi admitido o valor de 2 100 veículos por hora e por via (vphv), estimando-se um decréscimo para 1 500 vphv no caso de uma redução de 3 para 2 vias, e para 1 300 vphv no caso de uma redução de 3 para 1 via. O limite de velocidade em condições normais de circulação é de 120 km/h e de 60 km/h para as zonas de trabalho.

De forma a excluir à partida todas as alternativas não exequíveis em termos de adequação ao contexto da intervenção, foi definido um valor de 90 minutos para o atraso máximo provocado no tráfego, evitando a análise subsequente dessas alternativas. Relativamente ao custo e à duração da intervenção, por dependerem da extensão

da mesma, não se definiu qualquer restrição. Foi ainda considerada a limitação da redução da largura de vias na zona de trabalhos para dois terços do seu valor original, satisfazendo a legislação anteriormente referida.



**Fig. 4. Distribuição horária de tráfego nos dias úteis e fim-de-semana para o troço da A5 (a) e para o troço da A2 (b)**

No que diz respeito ao custo total por quilómetro, tal como descrito no Quadro 2, comparados os casos de estudo obtêm-se valores entre €415 130 e €433 944 para o troço da A5, enquanto que, para o troço da A2 o intervalo, significativamente maior, está entre € 344 400 e € 557 928. Para a duração da intervenção verifica-se um comportamento idêntico, sendo que a alternativa associada à menor duração para o troço da A2 é cerca de 6 vezes mais curta do que a maior, verificando-se para o troço da A5 um intervalo mais reduzido. No caso do troço da A5, dado o maior tráfego verificado e a restrição referente ao atraso máximo permitido, apenas são exequíveis alternativas associadas a zonas de trabalho de carácter temporário no período nocturno onde são sempre garantidas duas vias de circulação em cada sentido através do basculamento do tráfego. A análise de sensibilidade mostrou que, no caso de ser expectável uma redução de 10% no tráfego, seria então possível considerar o trabalho em contínuo ao fim-de-semana, reduzindo-se significativamente a duração da intervenção ainda que com custo mais elevado.

Na presença de um maior número de alternativas exequíveis, tal como no caso do troço da A2, a adopção de um método de apoio à decisão reveste-se de maior significado. Assim, foi utilizada a análise multi-critério, em que os atributos custo da intervenção, duração da intervenção e atraso provocado (percentil 85 da distribuição do atraso para todos os veículos que atravessam uma zona de trabalhos) são utilizados como critérios. A definição

dos pesos dos critérios e das funções de valor foi efectuada recorrendo ao *software M-MACBETH* [15], tendo como base a avaliação das preferências demonstradas por um conjunto de decisores com experiência no sector.

Quadro 2. Resumo dos resultados para ambos os casos de estudo

<b>Resultados</b>	<b>A5</b>	<b>A2</b>
<b>Menor custo [€/km]</b>	415 484 (1 506 130)	344 400 (4 490 976)
<b>Maior custo [€/km]</b>	433 944 (1 573 047)	557 928 (7 275 381)
<b>Menor duração [dias/km]</b>	12,4 (45)	3,4 (44)
<b>Maior duração [dias/km]</b>	19,6 (71)	19,4 (253)
<b>Menor atraso [minutos]</b>	0,6	0,5
<b>Maior atraso [minutos]</b>	0,7	8,3
<b>Número de alternativas executáveis</b>	4	192
<b>Número de horários permitidos</b>	2	8
<i>Os valores entre parêntesis referem-se à totalidade do troço.</i>		

Relativamente aos pesos dos critérios, os resultados foram 55% para o custo da intervenção, 35% para o atraso provocado no tráfego e 10% para a duração da intervenção. Ainda que os resultados permitam o cálculo imediato da classificação global de cada alternativa, foi desenvolvido outro procedimento com vista à fácil visualização dos resultados. Para possibilitar a representação bidimensional dos resultados (ver Figura 5), considerou-se um novo indicador resultante do efeito combinado da perturbação provocada aos utentes e da duração da mesma (no eixo vertical), estabelecido através da repartição dos pesos já obtidos, sendo o custo da intervenção representado no eixo horizontal (invertendo-se o sentido do eixo de forma a que as alternativas mais interessantes sejam as mais distantes da origem).

A ligação das alternativas não-dominadas permite a definição da fronteira eficiente, a qual terá sempre uma forma convexa [16], obtendo-se um número restrito de alternativas a analisar. Desta forma, tal como ilustrado na Figura 5, é possível identificar três grupos de alternativas não-dominadas (detalhados no Quadro 3). Para o grupo I, a opção pelo trabalho em período diurno com a duração de 8 horas, ao implicar menor custo de mão-de-obra, resulta num menor custo total para a intervenção. Já para o grupo II, ao aumentar a duração do período de trabalho diário para 12 horas, é possível assegurar uma redução de 32 dias para duração da intervenção. Para o grupo III, ao ser considerado o trabalho contínuo, garante-se a menor duração possível para a intervenção, ainda que com custo significativamente superior aos restantes. A opção por basculamento de tráfego com a manutenção de 2 vias de circulação por sentido (possibilitada pelas características do perfil transversal existente) e o fluxo de tráfego significativamente inferior ao verificado no troço da A5, não implicam a existência de atrasos relevantes. Para este caso concreto, a opção pela realização de trabalhos em período nocturno revelar-se-ia uma alternativa não eficiente de acordo com a metodologia desenvolvida.



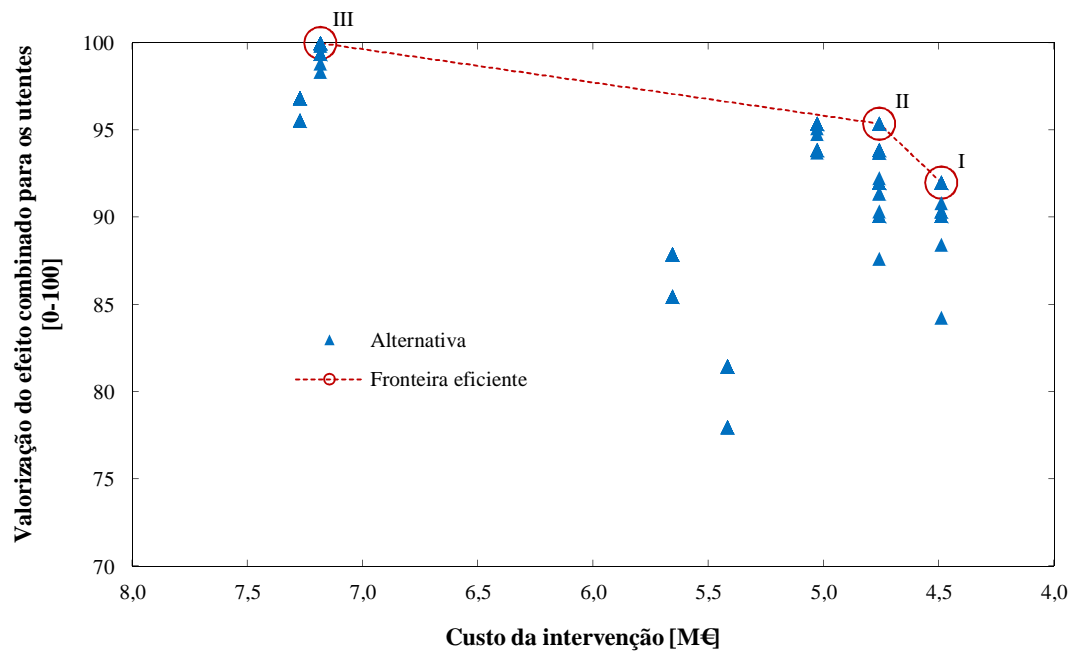


Fig. 5. Representação das alternativas exequíveis e da fronteira eficiente para o caso de estudo 2 (A2)

Quadro 3. Alternativas não-dominadas para o caso de estudo 2 (A2)

Alternativas	Tipo de zona de trabalhos	Configuração no ciclo 1	Configuração no ciclo 2	Horário de trabalho	Custo [€]	Duração [dias]	Atraso, percentil 85 [min]	Valorização da duração [0-100]	Valorização do atraso [0-100]	Valorização do efeito combinado para os utentes [0-100]
I	Permanente	Basculamento para a faixa de sentido oposto com redução para 2 vias por sentido		Trabalho em período diurno (8h/dia)	4 490 976	120	0,9	63,6	100,0	92,0
II				Trabalho em período diurno (12h/dia)	4 760 435	88	0,9	78,9	100,0	95,4
III				Trabalho contínuo (24h/dia) em turnos consecutivos	7 185 562	44	0,9	100,0	100,0	100,0

### 3 CONCLUSÕES

O presente artigo descreveu sumariamente a metodologia desenvolvida para apoio ao planeamento de intervenções de reabilitação em pavimentos rodoviários, num contexto de tráfego elevado como é caso das auto-estradas. Com base em dois casos de estudo, foi demonstrada a sua aplicabilidade como um complemento válido à experiência existente neste contexto de decisão.

Com a finalidade de tornar expedita a sua utilização, a metodologia descrita foi materializada numa folha de cálculo do *Microsoft Excel* recorrendo à programação em *VBA*. Ainda que com as simplificações necessárias da realidade e baseada em princípios simples, permite, numa fase preliminar de planeamento, obter um conjunto limitado de alternativas, compreender os *trade-offs* existentes relativamente aos atributos mais relevantes para que, posteriormente, possam ser analisadas com maior nível de detalhe. Questões como as implicações ao nível da segurança rodoviária e dos trabalhadores para as diversas alternativas, efeitos na qualidade construtiva em resultado da necessidade de maior quantidade de juntas de construção ou os impactes ambientais em termos de ruído e emissões, terão, naturalmente, que ser tidas em conta na fase de decisão subsequente.

#### 4 REFERÊNCIAS

1. Bennett, C.R. e Greenwood, I.D. (2001). *Modelling road user and environmental effects in HDM-4 (HDM-4 Reference Volume 7)*, PIARC, Paris, 2001.
2. Daniels, G., Stockton, W.R. e Hundley, R. (2000). Estimating road user costs associated with highway construction projects - Simplified method. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1732, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 70-79.
3. Walls, J. e Smith, M. R. (1998). *Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design - Interim Technical Bulletin*. Federal Highway Administration. Washington, D.C.
4. Haas, R. (2001). *Reinventing the (Pavement Management) Wheel*. Apresentado na Fifth International Conference On Managing Pavements, Seattle.
5. Hall, K.T., Correa, C. E., Carpenter, S. H. e Elliot, R. P. (2003). *Guidelines for Life-Cycle Cost Analysis of Pavement Rehabilitation Strategies*. Apresentado no 82<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
6. Benekohal, R.F., Kaja-Mohideen, A.Z. e Chitturi, M.V. (2004). Methodology for estimating operating speed and capacity in work zones. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1883, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 103-111.
7. Weng, J. e Meng, Q. (2011). *A Decision Tree-based Model for Work Zone Capacity Estimation*. Apresentado no 90<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 2011.
8. Lee, E.B. e Ibbs, C.W. (2005). Computer simulation model: Construction Analysis for Pavement Rehabilitation Strategies. *Journal of Construction Engineering and Management - ASCE*, Vol. 131, No. 4, 2005, pp. 449-458.
9. TFHRC (2010). *QuickZone: A New Work Zone Delay Estimation Tool*. <http://www.tfhrc.gov/its/quickzon.htm>. Acedido a 1 de Dezembro.
10. Mahoney, K., Porter, R., Taylor, D., Kulakowski, B. e Ullman, G. (2007). *Design of Construction Work Zones on High-Speed Highways - NCHRP REPORT 581*, Transportation Research Board, Washington, D.C.
11. Lei n.º 24/2007 de 18 de Julho (2007). Diário da República, 1.ª série - N.º 137.
12. Decreto Regulamentar n.º 12/2008 de 9 de Junho (2008). Diário da República, 1.ª série - N.º 110.
13. Morgado, J. (2012). *Road Pavement Maintenance and Rehabilitation Planning: An Integrated Approach*. Tese de Doutoramento. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
14. Lei n.º 7/2009 de 12 de Fevereiro (2009). Diário da República, 1.ª série - N.º 30.
15. Costa, C. B. e Vansnick, J. C. (1999). *The MACBETH approach: Basic ideas, software, and an application*. Em N. Meskens e M. Roubens (Editores), *Advances in Decision Analysis* (Vol. 4, 131-157). Springer. Dordrecht.
16. Goodwin, P. e Wright, G. (2004). *Decision Analysis for Management Judgment*. John Wiley & Sons. Chichester.