



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
Núcleo de Planeamento, Tráfego e Segurança

Proc. 0703/1/16408

CONTRIBUTOS METODOLÓGICOS PARA A AVALIAÇÃO DO EFEITO DE BARREIRA EM ESTUDOS DE IMPACTE AMBIENTAL DE PROJECTOS DE INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS

Lisboa • Março de 2009

I&D TRANSPORTES

RELATÓRIO 110/2009 – NPTS

Contributos Metodológicos para a Avaliação do Efeito de Barreira em Estudos de Impacte Ambiental de Projectos de Infra-estruturas Rodoviárias.

Methodological Contributions for the Assessment of Barrier Effects within the Impact Assessment Studies of Road Transport Infrastructures.

Contribution Méthodologiques pour L'évaluation d'Effet de Barrière dans les Études d'Impact sur l'Environnement d'Infrastructures de Transport Routier.

Contributos Metodológicos para a Avaliação do Efeito de Barreira em Estudos de Impacte Ambiental de Projectos de Infra-estruturas Rodoviárias.

Resumo

O objectivo deste relatório é apresentar contributos metodológicos para a avaliação do efeito de barreira de infra-estruturas rodoviárias em áreas urbanas, em sede da Avaliação de Impacte Ambiental de Projectos de Infra-estruturas Rodoviárias.

Descrevem-se os conceitos fundamentais e algumas abordagens metodológicas aplicadas em países europeus visando a quantificação dos efeitos de barreira e respectiva avaliação económica.

ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – A AVALIAÇÃO DO EFEITO DE BARREIRA	7
2.1 – CONCEITOS	7
2.2 – CONTRIBUTOS PARA A AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE BARREIRA.....	9
2.3 – ESTIMATIVAS DOS CUSTOS DOS EFEITOS DE BARREIRA	13
3 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	15
BIBLIOGRAFIA.....	19

1 – INTRODUÇÃO

O tema deste relatório – “Contributos metodológicos para a avaliação do efeito de barreira de projectos de infra-estruturas rodoviárias” foi motivado pelo trabalho solicitado ao LNEC pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) referente à “Verificação da Integração no Projecto de Execução do IC17-CRIL – Sublanço Buraca/Pontinha (incluído as ligações a Benfica) com as Recomendações da Declaração de Impacte Ambiental (DIA) na componente de acessibilidades”. Uma vez que a análise comparada do projecto de execução e do projecto alvo da DIA integra a avaliação do efeito de barreira sobre as populações do Bairro da Venda Nova e do efeito de barreira da ligação do Nó da Pontinha à rotunda de Benfica, considerou-se importante recolher algumas experiências noutros países europeus visando dar contributos para a avaliação destes efeitos. Na verdade, o efeito de barreira constitui um dos impactes ambientais menos estudados no contexto da Avaliação de Impacte Ambiental de projectos de infra-estruturas rodoviárias, carecendo de uma metodologia objectiva para a sua quantificação.

Neste relatório descrevem-se experiências de interesse ao nível internacional que podem constituir contributos importantes para o estabelecimento de uma metodologia para a quantificação e avaliação dos efeitos de barreira na população, em sede da elaboração de estudos de impacte ambiental de projectos rodoviários nacionais, visando assim contribuir-se para a melhoria da eficiência do processo de avaliação.

No nosso País, o sistema de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) foi instituído pelo Decreto-Lei nº 186/90¹, de 6 de Junho (transposição da Directiva 85/337/CEE do Conselho, de 27 de Junho) e foi regulamentado pelo Decreto Regulamentar nº 38/90, de 27 de Novembro. Posteriormente, o Decreto-Lei nº 69/2000², de 3 de Maio, revogou a legislação anterior e instituiu um novo regime jurídico de AIA dos projectos públicos e privados susceptíveis de produzirem efeitos significativos no ambiente, assumindo-se como um “instrumento fundamental da política de desenvolvimento sustentável”. A aplicação deste novo regime jurídico foi regulamentada através da Portaria nº 330/2001, de 2 de Abril.

Em 2005, o Decreto-Lei nº 197/2007, de 8 de Novembro, introduziu uma nova redacção ao Decreto-Lei anterior (Decreto-Lei Nº 69/2000) e esclareceu o âmbito de aplicação do diploma. Tal como referido nesse documento jurídico foram

¹ A Lei das Bases do Ambiente (Decreto-Lei nº 11/87, de 7 de Abril) introduziu o regime de avaliação de impacte ambiental como sendo um instrumento preventivo essencial no domínio do ambiente.

² O Decreto-Lei nº 74/2001, de 26 de Fevereiro, revogou o nº3 do artigo 46º do Decreto-Lei nº 69/2000, de 3 de Maio

“introduzidas alterações que garantem a selecção de determinados projectos sujeitos a AIA em função da sua localização, natureza e dimensão, a obrigatoriedade de apresentação, pelo proponente, de todos os elementos necessários à avaliação, a fundamentação da decisão do procedimento de AIA...”. Através do renovado Decreto-Lei procedeu-se também à transposição parcial da Directiva nº 2003/35/CE, do Parlamento e do Conselho, de 26 de Maio, relativa à “participação do público na elaboração de certos planos e programas relativos ao ambiente” (parte que altera a Directiva nº 85/337/CEE, por sua vez alterada pela Directiva nº97/11/CE, do Conselho, de 3 de Março).

No diploma anteriormente referido, a AIA é definida como um “instrumento de carácter preventivo da política do ambiente, sustentado na realização de estudos e consultas, com efectiva participação pública e análise de possíveis alternativas, que tem por objecto a recolha de informação, identificação e previsão dos efeitos ambientais de determinados projectos, bem como a identificação e proposta de medidas que evitem, minimizem ou compensem esses efeitos, tendo em vista uma decisão sobre a viabilidade da execução de tais projectos e respectiva pós-avaliação”.

O processo de AIA pode ser resumido nas várias fases:

- 1) Selecção dos projectos sujeitos ao regime de obrigatoriedade de procedimento de AIA (Anexos I e II do Decreto-lei nº 197/2005 e Decreto-Lei nº 69/2000);
- 2) Definição do âmbito, que constitui uma fase facultativa em que a autoridade de AIA pode identificar, analisar e seleccionar as vertentes ambientais significativas que podem ser afectadas pelo projecto e sobre as quais o estudo de impacte ambiental vai incidir. Nota-se que é da responsabilidade do proponente avaliar o interesse de empreender esta fase;
- 3) Estudo de Impacte Ambiental (EIA) que constitui um documento elaborado pelo proponente no âmbito do procedimento de AIA e que contém, de acordo com o exigido na legislação, uma descrição síntese do projecto, a identificação e avaliação dos impactes prováveis (positivos e negativos) que a realização do projecto poderá implicar no ambiente, a evolução previsível da situação de facto sem a realização do projecto, as medidas de gestão ambiental destinadas a evitar, minimizar ou compensar os impactes negativos esperados e um resumo não técnico destas informações;
- 4) Apreciação técnica do EIA por uma Comissão de Avaliação que é nomeada para cada procedimento de AIA. A apreciação técnica inclui uma análise de conformidade do EIA e um parecer técnico do procedimento de AIA, o qual tem em conta os pareceres das várias entidades e relatório da consulta pública;
- 5) Decisão, em que a Autoridade de AIA emite a Declaração de Impacte Ambiental (DIA). O resultado da DIA poderá ser “favorável”, “desfavorável” ou “condicionalmente favorável”. Neste último caso, a DIA refere as condições e

medidas de mitigação dos impactes negativos a seguir para que o projecto possa vir a ser autorizado.

- 6) Pós-avaliação, a iniciar após a emissão da DIA, que inclui programas de monitorização e auditorias com o objectivo de garantir o cumprimento das condições referidas na DIA e medidas aí previstas, bem como avaliar a sua eficácia.

Releve-se que o EIA pode ser desenvolvido nas fases de Estudo Prévio ou Anteprojecto e de Projecto de Execução. Será elaborado um Relatório de Conformidade Ambiental do Projecto de Execução (RECAPE) no caso em que o EIA seja elaborado na fase de Estudo Prévio e seja emitida a respectiva DIA. As normas técnicas para a estrutura do RECAPE encontra-se definidas no Anexo IV da Portaria 330/2001, de 2 de Abril. Nota-se que o RECAPE não constitui um EIA do Projecto de execução, uma vez que tem por objectivo assegurar que o projecto de execução obedeça aos critérios estabelecidos na DIA, dando cumprimento aos termos e demais condições nela fixados.

Nos diplomas já referidos, que definem o regime jurídico do processo de AIA, o conceito de “impacte ambiental” é apresentado como associado ao “conjunto das alterações favoráveis e desfavoráveis produzidas em parâmetros ambientais e sociais, num determinado período de tempo e numa determinada área (situação de referência), resultante da realização de um projecto, comparado com a situação que ocorreria, nesse período de tempo e nessa área, se esse projecto não viesse a ter lugar”.

No nosso País existe um “Guia de Estudos de Impacte Ambiental de Infra-estruturas Rodoviárias” no qual se encontram descritos os principais impactes ambientais associados ao ciclo de vida de empreendimentos rodoviários (Estradas de Portugal S.A. e IST, 2007). Tendo em conta os vários descritores de impactes, representam-se no Quadro 1, a título exemplificativo, os principais impactes que são aí descritos para a fase de construção de uma infra-estrutura rodoviária. O “efeito de barreira” está assinalado a “bold”, uma vez que é o objecto de estudo deste relatório. Constata-se que o efeito de barreira surge aí associado aos descritores do clima e da componente social. Nota-se que a avaliação do efeito de barreira de projectos de infra-estruturas de transporte incide em geral sobre a definição que é apresentada segundo a componente social, sendo os impactes no clima considerados mais no âmbito da avaliação estratégica de planos e programas. Por outro lado, o possível efeito de barreira para os movimentos da fauna é incluído na componente biológica (fauna, vegetação e flora), uma vez que o efeito de barreira física pode originar a fragmentação e deterioração de habitats que interesse prevenir de forma integrada.

Quadro 1 | Principais impactes ambientais na fase de construção de uma infraestrutura rodoviária (fonte: Estradas de Portugal e IST 2007).

Descritor	Impacte
Clima	Modificações meso e microclimáticas geradas pela criação de caminhos entre vales e efeitos de barreira de certas infra-estruturas , que induzem variações no regime local dos ventos, nevoeiro, geada, entre outros.
Geologia e Geomorfologia	Alteração da morfologia dos terrenos, resultante da realização de obras de terraplenagem (escavação e aterros), bem como da exploração de áreas de empréstimo; alteração do sistema de drenagem superficial; impacte visual, ou seja, interferência dos taludes com a estabilidade das vertentes naturais; aumento da concentração das partículas em suspensão nas linhas de água; diminuição do grau de infiltração nas formações geológicas cobertas pelos aterros e conseqüentemente uma diminuição da recarga dos aquíferos; favorecimento dos processos erosivos (nomeadamente na base dos taludes de aterro que ocupem áreas de cheia, entre outros); afectação de valores geológicos de interesse; desmonte com explosivos; desmatagem e decapagem do solo, bem como abertura de acessos, que conduzam à movimentação de elevados volumes de terras.
Solos e Usos do Solo	Forte compactação dos solos (devido à circulação de maquinaria, localização de estaleiros, acessos à obra, depósitos de terras e instalação de infra-estruturas); degradação da qualidade do solo, resultante da maior exposição aos agentes erosivos, devido à eliminação da vegetação, bem como por ocorrência de despejos indevidos e/ou acidentais de resíduos ou efluentes que originam a sua contaminação; ocupação directa e irreversível de grandes áreas de solos.
Recurso hídricos (superficiais)	Intercepção e afectação de linhas de água; intervenções no leito e margens das linhas de água para implatação das estruturas hidráulicas (movimentações e circulação de maquinaria), o que pode originar uma maior mobilização dos sedimentos, conduzindo ao aumento de sólidos suspensos e outros poluentes; redução da estabilidade das margens, ficando estas mais sujeitas a queda de taludes e pequenas alterações de direcção ou alargamento de cursos de água; variações do sistema hidrológico e dos processos erosivos, nomeadamente com o desvio do escoamento natural aquando da colocação dos órgãos de drenagem; intercepção de áreas sujeitas a cheias; aumento das áreas impermeabilizadas (devido à pavimentação das faixas de rodagem, implantação dos estaleiros e dos locais de depósito dos materiais, entre outros),

	diminuindo a infiltração directa do terreno; afectação de infra-estruturas hidráulicas; afectação da qualidade da água (devido ao aumento do teor de sólidos suspensos nas linhas de água, resultante das decapagens e terraplanagens, conjuntamente com o transporte de terras e outros materiais, bem como da ocorrência de contaminações acidentais provenientes do movimento de máquinas e equipamentos, entre outros).
Recursos hídricos (subterrâneos)	Modificação da drenagem subterrânea natural, devido à execução de escavações que funcionam como pontos de drenagem e de aterros que inviabilizam a infiltração dos aquíferos, bem como ao aumento da impermeabilização dos solos impedindo a recarga dos mesmos; flutuação do nível freático e consequente inutilização de captações; afectação de captações subterrâneas pelos aterros e escavações; alteração da qualidade da água, resultante da ocorrência de derrames provenientes das áreas de estaleiro e afectas à obra, nomeadamente hidrocarbonetos, betuminosos, entre outros.
Ambiente Sonoro	Poluição sonora devido aos trabalhos de construção da via.
Qualidade do ar	Aumento de poeiras e partículas em suspensão originadas pelas movimentações de terras e circulação de veículos em pisos não asfaltados; aumento da emissão de gases de combustão e partículas, provenientes principalmente das emissões dos veículos e de outras máquinas de apoio à obra; emissão de compostos orgânicos voláteis e partículas, originados nas actividades de preparação e aplicação de ligantes betuminosos.
Fauna	Aumento da perturbação directa nas comunidades faunísticas; destruição de habitats, resultante da implantação de estruturas necessárias à implantação da obra.
Flora	Afectação das comunidades florísticas; interferência com a dispersão eólica de sementes, com a propagação vegetativa e, indirectamente, com a diáspora zoocórica (intervenção dos animais na propagação das sementes das plantas, como agentes polinizadores ou dispersores).
Componente Social	Efeito barreira, ou seja, afectação das acessibilidades transversais entre os dois lados da via, ao nível da circulação local; degradação do pavimento e interferências com o tráfego local na via utilizada entre os estaleiros e o local em obra, bem como o acesso a propriedades agrícolas; variação da população na área de inserção do projecto, devido à presença dos trabalhadores afectos à obra, e consequentemente alteração da dinâmica da economia local (restauração, comércio, alojamento, entre outros); criação de algum emprego a nível local, em face da necessidade de contratação de trabalhadores para o desenvolvimento das obras; proximidade e/ou

	afecção de serviços (ruptura de canalizações, afecção de linhas de alta, média e baixa tensão), equipamentos ou actividades económicas (indústria, entre outras); afecção de edifícios, áreas sociais e relações de vizinhança; perturbação do meio devido a todas as actividades de obra; expropriações necessárias à implantação do traçado; afecção de parcelas agrícolas.
Ordenamento e Condicionantes	Afecção de espaços agrícolas e florestais; afecção de áreas da RAN e REN; interferência com condicionantes (linhas de caminho de ferro, condutas de gás natural, adutoras, linhas de alta tensão, perímetros florestais, monumentos e imóveis classificados, entre outras).
Património	Afecção do património arqueológico, arquitectónico e etnográfico.
Paisagem	Diminuição de visibilidade junto das zonas onde se efectuam obras de terraplanagens, provocada pelo aumento do nível de poeiras no ar, com a conseqüente deposição do coberto vegetal envolvente; introdução de elementos “estranhos” na paisagem tradicional, tais como maquinaria pesada, materiais de construção, entre outros; alterações na morfologia do terreno, devido à construção de aterros e escavações, com conseqüente degradação visual e ambiental; alterações na utilização e função dos espaços e conseqüente modificação nas estruturas visuais existentes; aparecimento de zonas de descontinuidade paisagística.
Resíduos	Produção de resíduos, essencialmente, equiparados a urbanos (provenientes de alojamentos, refeitórios, escritórios, tais como papel, embalagens, vidro, resíduos orgânicos compostáveis), banais (essencialmente de construção e demolição) e perigosos (provenientes das áreas de estaleiro, tais como óleos usados, solventes, materiais contaminados com produtos perigosos, lâmpadas, acumuladores e baterias, entre outros, bem como efluentes líquidos.

Conforme mostra o quadro 1, os efeitos de barreira, segundo o descritor da componente social, correspondem à “afecção das acessibilidades transversais entre os dois lados da via, ao nível da circulação local”. Tendo em conta a definição apresentada, o conceito de “acessibilidade transversal” surge implicitamente associado às deslocações transversais (não motorizadas e motorizadas) de residentes na área de influência directa da infra-estrutura rodoviária. No guia é recomendado que seja considerada, no mínimo, uma faixa com a largura em torno do eixo da rodovia de 200 metros para cada lado, sendo que a área de acção do projecto deve ser definida caso a caso em função das condições sociais e económicas locais.

Em conformidade, esta definição de efeitos de barreira exige que sejam recolhidos dados antes da construção da infra-estrutura relativamente ao padrão de mobilidade de residentes na área directa de influência da infra-estrutura, de forma a serem obtidas as matrizes O-D (Origem-Destino) relativas aos fluxos de tráfego entre zonas para cada modo de transporte (transporte individual, transporte colectivo, a pé, em bicicleta, outras) e caracterizada a acessibilidade transversal (análise espacial dos fluxos de tráfego). Por outro lado, é necessário proceder à análise e previsão dos impactes na matriz O-D que podem decorrer da construção da infra-estrutura.

Relativamente às acessibilidades locais o guia refere que devem ser identificadas as vias existentes em função dos pontos de intersecção com o traçado em estudo, determinando-se o tipo de uso (urbano, agrícola, industrial, recreio, etc), e quando possível, a sua intensidade. É ainda referida a necessidade de considerar outros factores, como sejam o acesso a equipamentos colectivos e as alterações nos percursos habituais dos residentes (associados à não reposição das vias no local) e que seja apresentado um Quadro Síntese em que sejam indicados os caminhos interceptados (ponto quilométrico, lado esquerdo/direito da via) e a respectiva situação de reposição.

A quantificação dos efeitos de barreira, motivados por projectos de infra-estruturas rodoviárias em áreas urbanas, nas populações constitui um assunto ainda pouco investigado no nosso País. Este relatório constitui um primeiro passo para suprir esse hiato, procurando também uma sistematização dos principais conceitos e metodologias existentes e ainda apresentar algumas linhas de investigação a prosseguir.

No capítulo seguinte são apresentadas as principais definições de “efeitos de barreira” existentes ao nível internacional, bem como as várias metodologias utilizadas para a sua quantificação e avaliação. São ainda apresentadas estimativas dos custos do efeito de barreira obtidas em estudos de avaliação económica ambiental. No capítulo 3 procede-se à realização de uma síntese conclusiva e à definição de recomendações com vista ao desenvolvimento de estudos neste domínio.

2 – A AVALIAÇÃO DO EFEITO DE BARREIRA

2.1 – Conceitos

Ao nível internacional, podem encontrar-se várias definições para o conceito de efeito de barreira de uma infra-estrutura rodoviária. Na literatura anglo-saxónica da especialidade, os efeitos de barreira são designados usualmente por “severance effects”.

Bain (1997) refere que o efeito de barreira é consequência das infra-estruturas rodoviárias atravessarem as comunidades locais e ecossistemas, sendo este efeito global designado de “severance”. Refere ainda que a ocorrência de acidentes rodoviários envolvendo peões e ciclistas em áreas urbanas, ou fauna em áreas rurais, são indicadores da existência de problemas de “severance”. Os possíveis efeitos de barreira na fauna são estudados no factor ambiental da ecologia, uma vez que implicam metodologias para avaliar a possível fragmentação e destruição de habitats.

Segundo a abordagem de Guo *et al.* (2001), o tráfego rodoviário é uma barreira dinâmica (variável no tempo), podendo ocasionar insegurança e atrasos, designadamente para as deslocações de peões que implicam o atravessamento da infra-estrutura rodoviária. Em conformidade, o efeito de barreira (entendido como “severance”) tem associado duas componentes que se descrevem em seguida:

- 1) Efeito estático: diz respeito à separação física de comunidades afectadas pela infra-estrutura rodoviária, impedindo a sua interacção social; entre os impactes directos figuram a redução da acessibilidade ou restrições à mobilidade da população na área directa de influência, a supressão de deslocações e/ou a necessidade de efectuar deslocações mais longas. A mitigação destes impactes pode implicar a construção de infra-estruturas específicas para o atravessamento de peões (minimização de impactes) e a adopção de medidas compensatórias;
- 2) Efeito dinâmico: diz respeito à interacção entre o tráfego motorizado (volumes, composição, velocidade) na infra-estrutura com o tráfego de peões e ciclistas; os impactes podem manifestar-se, designadamente, em termos de atrasos nas deslocações de peões e ciclistas, em virtude de existirem maiores tempos de viagem (exemplo: no atravessamento transversal da infra-estrutura).

Em relação ao efeito dinâmico referido, releve-se que a modelação dos atrasos de peões impostos pelo fluxo de tráfego rodoviário é um dos problemas clássicos da Engenharia de Tráfego, podendo referir-se os trabalhos conceptuais de Adams (1936) e Tanner (1951).

Uma definição mais geral dos efeitos de barreira compreende os atrasos e desconforto que o tráfego motorizado nas novas infra-estruturas rodoviárias impõe aos restantes modos de transporte não motorizados (modos suaves), como sejam os peões e ciclistas. Na perspectiva económica e social, estes efeitos podem estar associados a custos sociais significativos (externalidades negativas), pelo que se justifica a sua avaliação económica.

Os efeitos de barreira são contabilizados na análise custo-benefício de projectos de infra-estruturas rodoviárias em vários países europeus (exemplo: Reino Unido, Noruega, Suécia, Dinamarca), sendo já uma prática corrente nos países escandinavos desde a década de 80.

2.2 – A avaliação dos efeitos de barreira

2.2.1 No Reino Unido existe desde 1993 um guia metodológico para a AIA de projectos rodoviários, onde se descrevem os métodos a seguir para avaliar as várias categorias de impactes (DfT 1993). Neste documento são identificados doze categorias de impactes ambientais, a considerar em paralelo com a avaliação económica do projecto rodoviário (análise custo-benefício). Esta metodologia de avaliação, desenvolvida a partir de 1998 é designada “New Approach to Appraisal” (NATA) e considera que todos os impactes ambientais significativos devem ser quantificados, sempre que possível. Recentemente, integra as recomendações do Livro Verde do Governo Inglês sobre avaliação económica e avaliação de impactes (HMT 2003), e constitui uma base metodológica para a avaliação de planos e projectos de transportes multi-modais.

A metodologia de avaliação de impactes compreende a apresentação de um quadro ou matriz síntese designado de “Appraisal Summary Table” (AST). As linhas da matriz correspondem aos cinco objectivos de política (critérios) considerados fundamentais, em linha com o Livro Branco do Governo Inglês (DETR 1998). As colunas da matriz incluem os vários sub-critérios associados a cada objectivo (exemplo: ruído de tráfego, qualidade do ar local, etc.), os indicadores utilizados na sua quantificação e o resultado da avaliação. A AST resume a contribuição de cada alternativa de projecto para atingir os cinco objectivos de política, e que em seguida se descrevem (Rogers 2003 e DfT 2005):

- *Impacte ambiental*: este objectivo visa a redução dos impactes directos e indirectos no ambiente; integra dez sub-objectivos que incluem o ruído, poluição do ar, paisagem, biodiversidade, herança cultura e recursos hídricos.
- *Segurança*: este objectivo visa a redução de perdas de vidas humanas, de ferimentos e de danos na propriedade, resultantes de incidentes rodoviários e de acções criminosas; o sub-objectivo 2 respeita à redução da sinistralidade rodoviária e melhoria da segurança interna.
- *Economia*: este objectivo visa a melhoria da eficiência do sistema de transportes; integra 5 sub-objectivos que incluem a redução de tempos de viagem, bem como o aumento da confiabilidade dos tempos de viagem e dos impactos na economia.
- *Acessibilidade*: refere-se à facilidade com que a população pode aceder aos diferentes destinos e usos do solo através dos vários modos de transporte;

integra 4 sub-objectivos, sendo que o sub-objectivo “severance” compreende os efeitos na acessibilidade de peões e noutros modos não motorizados;

- *Integração*: compatibilidade da proposta de projecto com políticas e planos de transporte e de uso do solo ao nível local, regional e nacional, em linha com as orientações para uma política integrada (DTLR 2002).

Para estimar o número de indivíduos afectados pelo efeito de barreira (peões, ciclistas, outros utentes não motorizados), são descritos dois métodos alternativos no “Design Manual for Roads and Bridges”:

- Método das áreas de influência: estimação dos impactes do projecto rodoviário nas deslocações dos indivíduos potencialmente afectados pela infra-estrutura, incluindo os grupos sociais mais vulneráveis; são considerados os percursos que são utilizados habitualmente pelos peões e ciclistas (modos não motorizados em geral) e avaliadas quais as alterações em termos de distâncias e tempos de deslocação; é considerada a variação dos volumes do Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) em modos suaves.
- Realização de inquéritos à mobilidade e contagens de tráfego de peões: quantificação dos indivíduos que são realmente afectados utilizando os dados recolhidos em inquéritos à mobilidade e estudos de tráfego que incluem as contagens do tráfego pedonal.

Na prática verifica-se que os dois métodos anteriormente referidos surgem muitas vezes combinados. No Reino Unido recomenda-se que sejam levados a cabo os seguintes passos:

- 1) Cenário “do-minimum”, sem construção de nova infra-estrutura rodoviária;
- 2) Cenário “do-something”, com construção de infra-estrutura rodoviária;
- 3) Estimação da variação em termos de efeitos de barreira por comparação do cenário 1) com o cenário 2);
- 4) Estimação do número de pessoas que potencialmente são afectadas pela variação do efeito de “severance” causado pela nova infra-estrutura rodoviária.

Os efeitos na acessibilidade de peões são classificados de acordo com a seguinte escala:

- Inexistentes (“None”) – quando o padrão de deslocações de peões se mantém inalterado com a construção da infra-estrutura rodoviária;
- Ligeiros (“Slight”) – quando a deslocação transversal de peões é possível mas existem probabilidades de ocorrerem alguns efeitos barreira;
- Moderados (“Moderate”) – quando alguns indivíduos, designadamente crianças e idosos, são induzidos a não realizar as suas deslocações a pé, sendo que outros terão as suas deslocações mais longas ou menos atractivas;

- Graves (“Severe”) – quando os indivíduos são induzidos a não realizar as suas deslocações habituais, conduzindo a uma alteração significativa do seu padrão de actividades. Aqueles que decidem realizar deslocações a pé têm, assim, de ultrapassar efeitos de barreira elevados.

No Reino Unido recomenda-se que o efeito de barreira seja avaliado em vários locais da rede rodoviária, tendo em conta o sistema local de transportes-uso do solo e o funcionamento do mesmo, cobrindo assim as deslocações habituais em modos não motorizados para acesso a equipamentos e serviços vários na área de influência (Quadro 2).

A avaliação dos efeitos respeita aos impactes globais, ou seja ao total da população afectada e à magnitude destes impactes. No caso da variação dos efeitos de barreira se compensarem, o impacte global será neutro. No caso da população afectada diariamente ser menor do que 200 indivíduos, os impactes classificam-se como pequenos ou ligeiros. Se a variação dos efeitos de barreira afectar mais do que 1000 indivíduos por dia, os impactes são considerados graves. A avaliação global é moderada se estiver situado entre os dois valores referidos atrás.

Quadro 2 | Efeitos de barreira sobre os peões (fonte: UK DfT 2003)

Variação do Efeito de barreira Pontuação/Scoring	População afectada			
	Local 1	Local 2	Local ...	Total da população afectada
Grave negativa				
Moderada negativa				
Ligeira negativa				
Neutro				
Ligeira positiva				
Grave positiva				

Sempre que existir um número significativo de ciclistas e outros utentes em modos não motorizados afectados pela construção da infra-estrutura rodoviária, o guia inglês recomenda que seja acrescentada uma avaliação qualitativa indicando se os impactes esperados são de maior (ou menor) gravidade do que os previsíveis para os peões. Recomenda-se que seja indicada a lista dos estudos/bibliografia que permitam justificar as estimativas apresentadas.

2.2.2 Para além do Reino Unido, existem outros países que procedem à quantificação dos efeitos de barreira, designadamente a Suécia e a Dinamarca.

Nestes países é utilizada uma metodologia simplificada com base na consideração de factores de barreira, calculados para cada secção rodoviária (em função do volume de tráfego, velocidade média, percentagem de veículos pesados, número de travessias de peões e extensão total da infra-estrutura rodoviária em causa), sendo posteriormente calculada a procura potencial relativa ao atravessamento de peões, assumindo que não é construída a infra-estrutura (sem efeito de barreira) e tendo em conta a acessibilidade aos vários usos (comercial, equipamentos colectivos, etc.).

Na Suécia o efeito de barreira é considerado como afectando as acessibilidades transversal e longitudinal. O efeito transversal (“transverse barrier effect”) integra duas componentes: i) efeito de aleatoriedade (“disturbance term”) que está relacionado com a procura (aleatória) de peões, a qual é modelada em função da perturbação ocorrida em cada grupo etário; ii) efeito dos atrasos temporais na circulação de peões (atrasos quantificados através de equações matemáticas, que incluem como variáveis o fluxo horário de veículos, o valor do tempo de espera em termos monetários, o atraso em termos de tempos de deslocação, e ainda uma constante que se assume igual para todos os grupos sociais).

Um aspecto de interesse na metodologia Sueca é o facto de esta considerar que o efeito de barreira se relaciona também com diferentes vulnerabilidades sociais e percepções, como sejam as deslocações de utentes mais vulneráveis (crianças, idosos, etc.), alertando para a dimensão social e psicológica do efeito de barreira.

Na Dinamarca, o efeito de barreira é desagregado segundo duas componentes: i) efeito de barreira física (“the barrier effect”), relativo às dificuldades no atravessamento da infra-estrutura por parte de peões e ciclistas; ii) efeito percebido do risco de atravessamento (“the risk perception effect”), o qual está associado às condições de circulação que são proporcionadas aos peões e ciclistas. O efeito de barreira é quantificado através de uma função matemática com as seguintes variáveis: Tráfego Médio Diário Anual (TMDA), proporção de veículos pesados, número de travessias para peões, extensão da infra-estrutura rodoviária e velocidade média. Por outro lado, o risco percebido do tráfego é quantificado através de uma função matemática integrando, para além das variáveis referidas anteriormente, dois factores que estão relacionados com o tipo de infra-estruturas que são previstas para a circulação de peões e ciclistas (estes factores são função da tipologia de infra-estrutura e suas características).

Tendo em conta o estudo do VTPI (2009), do Canadá, o efeito de barreira também pode ser quantificado através da consideração de taxas de atravessamento (“crossing ratios”). Na modelação do comportamento de peões, a taxa de atravessamento espacial indica o quantitativo de peões que atravessam a infra-estrutura (peões/hora) sobre o total do fluxo pedonal nesse segmento (Russell e Hine 1996). A consideração da taxa de atravessamento temporal tem em conta os

fluxos nos tempos de atravessamento para peões (sinal verde), no caso de travessias para peões semaforizadas na infra-estrutura rodoviária.

2.2.3 Tendo em conta a informação consultada, nota-se que existem várias definições de efeito de barreira e métodos para a sua avaliação. Por outro lado, não se encontraram estudos com resultados práticos da avaliação de cada método em termos da sua eficiência e eficácia no contexto da AIA de projectos rodoviários.

2.3 – Estimativas dos custos dos efeitos de barreira

Os efeitos de barreira representam custos externos (externalidades), as quais podem ser quantificadas e avaliadas do ponto de vista económico. A presença destes efeitos tende a criar um sistema de transportes não equitativo, em especial do ponto de vista da sua equidade vertical uma vez que são os grupos de menor rendimento, mais dependentes do transporte colectivo local e das deslocações a pé, que são potencialmente mais afectados

Tendo em conta a pesquisa bibliográfica efectuada, sintetizam-se alguns estudos no âmbito da avaliação económica dos efeitos de barreira:

- **British Columbia Ministry of Transportation and Highways, Canada (Bein 1997):** o efeito de barreira foi definido como sendo expresso pelos atrasos nos tempos de viagem, desconforto e insegurança de peões e ciclistas, em resultado do tráfego rodoviário.
O custo estimado do efeito de barreira de infra-estruturas rodoviárias situou-se no intervalo entre 1000 e 1500 CAD³ por pessoa afectada por ano (preços de 2007). A metodologia de estimação baseou-se em preços-sombra (custos unitários) relativos aos danos dos impactes em causa.
- **Victoria Transport Policy Institute, Canada (Litman 2009):** este estudo apresenta uma selecção de estudos contendo estimativas de custos do efeito de barreira, que inclui o estudo atrás referido e um outro, anterior, realizado por Rintoul (1995) no qual foram estimados os efeitos de barreira no contexto de auto-estrada urbana atravessando uma cidade canadiana de média dimensão. O custo médio obtido foi de 0,087 CAD por veículo-km (preços de 2007, dólares canadianos).

³ 1 CAD (dólar canadiano) ≈ 0.61 €.

- **Institute of Transport Economics, Oslo** (Saelensminde 2004): neste estudo realizado em três cidades noruegas (Hokksund, Hama, Trondheim) concluiu-se que o custo dos efeitos de barreira motivados pelo tráfego motorizado são da mesma ordem de magnitude do custo da poluição do ar e duas vezes superiores ao custo do ruído de tráfego. Os efeitos de barreira nas referidas áreas urbanas correspondem à redução do volume de circulação de peões e ciclistas considerado habitual (situação sem infra-estrutura rodoviária), tendo o estudo estimado os benefícios que podiam decorrer se fossem construídas infra-estruturas para peões e ciclistas em vez de infra-estruturas rodoviárias para o tráfego motorizado. O custo médio do efeito de barreira obtido foi de 3.74 NOK (Hokksund), 3.95 NOK (Hamar) e 4.33 NOK⁴ (Trondheim) por cada km a pé ou em bicicleta que não pode ser realizado, em consequência da construção da nova infra-estrutura rodoviária.

Em Inglaterra, o “Transport Research Laboratory” (TRL Limited) realizou para o “Department for Transport” (DfT 2005), um estudo com a análise crítica das metodologias existentes para a avaliação económica dos efeitos de barreira e em prática em vários países, chamando a atenção para o facto de algumas serem de utilização bastante limitada no Reino Unido, requerendo actualização. Todavia, o estudo realça o interesse em considerar os aspectos positivos de cada método.

Geuers *et al* (2009) ao analisarem as metodologias de avaliação económica no Reino Unido e na Holanda, mostram que a dimensão social na qual incluem os efeitos de barreira/coesão social, requer um maior desenvolvimento na Holanda. Foi referido existir ainda um longo caminho a percorrer até que todos os impactes sociais de projectos de transporte sejam incluídos na avaliação económica.

Tendo em conta os estudos de avaliação económica do efeito de barreira apresentados, verifica-se que estes utilizam diversos conceitos e metodologias de avaliação, o que origina uma variabilidade significativa nas estimativas de custos do efeito de barreira. Em conformidade, será de interesse proceder à definição de conceitos e ao desenvolvimento de procedimentos aplicáveis em Portugal neste âmbito, de forma a ser possível a transferência de estimativas de custos para contextos similares.

⁴ 1 NOK ≈ 0.12 €

3 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O processo de planeamento de transportes na maioria dos países industrializados, em especial naqueles com elevadas taxa de motorização, tem sub-valorizado os modos não motorizados, como sejam os modos pedonal e ciclável. Em conformidade, também os efeitos de barreira têm sido pouco considerados (VTPI 2009).

Em Portugal não existem estudos de avaliação económica que tenham procedido à valoração do efeito de barreira de infra-estruturas rodoviárias no contexto nacional. Releve-se que a avaliação do efeito de barreira constitui uma das externalidades das infra-estruturas de transporte que importa avaliar, em paralelo com as outras externalidades associadas ao tráfego rodoviário.

Tendo em conta as definições apresentadas para avaliar o efeito de barreira, é necessário proceder à análise espacial dos padrões de mobilidade e da sua interligação com uso e ocupação do solo. Para tal, é necessário dispor-se de dados de tráfego, designadamente de fluxos origem-destino de peões e ciclistas e que os inquiridos à mobilidade considerem a cadeia total de deslocações e actividades ao longo do dia, para o conjunto da população afectada, dada a importância das deslocações efectuadas em cada modo de transporte serem individualizadas e caracterizadas do ponto de vista territorial e temporal. Por outro lado, a modelação do comportamento dos peões e a consideração da percepção dos efeitos de barreira por parte destes constituem aspectos que requerem aprofundamento metodológico.

No contexto da análise custo-benefício de projectos rodoviários, vários países europeus procedem já à quantificação dos efeitos de barreira e nalguns casos à sua monetização, embora não exista uma metodologia harmonizada a este respeito. Por outro lado, também na AIA de projectos rodoviários são várias as metodologias propostas para a consideração dos efeitos de barreira.

Com este relatório não se pretendeu apresentar uma pesquisa exaustiva ao nível internacional no âmbito dos métodos existentes para a avaliação dos efeitos de barreira. Não obstante, é possível dar alguns contributos metodológicos a este respeito e traçar algumas linhas de investigação e recomendações a ter em conta para desenvolvimento futuro, atenta à necessidade de se dispor de ferramentas que permitam avaliar de forma objectiva aqueles impactes no contexto da AIA de infra-estruturas de transportes. Em conformidade, considera-se de interesse prosseguir os seguintes estudos:

- Desenvolvimento de uma metodologia para a quantificação e avaliação do efeito de barreira de projectos de infra-estruturas de transportes, aplicável ao contexto do sistema de planeamento nacional; deste estudo deve resultar a clarificação

dos conceitos, dos métodos a aplicar e ainda a identificação dos dados que é necessário recolher;

- Aplicação simultânea de uma mesma metodologia de avaliação em vários contextos (realização de estudos piloto no nosso País ou em países diferentes), para a quantificação e avaliação do efeito de barreira de projectos de infra-estruturas de transportes, compreendendo uma análise comparada e crítica dos resultados; nos casos em que haja uma prática corrente na avaliação do efeito de barreira, considera-se importante avaliar, consoante o caso, se os custos das várias medidas de mitigação de impactes (minimização e/ou compensação) podem ser considerados inferiores aos benefícios sociais e ambientais que daí advieram (análise *ex post*);
- Aplicação de metodologias para avaliação económica do efeito de barreira, do tipo preferência revelada e declarada, com vista à obtenção de estimativas de custos objectivos e ainda de custos percebidos, tendo em conta a percepção dos efeitos de barreira pela população. Estes custos podem ser incluídos na análise custo-benefício de projectos rodoviários, como é prática em países do Norte da Europa.

A transposição dos modelos utilizados em outros países para o nosso País exige a sua análise prévia, numa perspectiva comparada, tendo em conta as diferenças do contexto sócio-económico e outros factores em causa, como sejam as características do tráfego, o regime de circulação, a distribuição dos fluxos de tráfego por modo de transporte, os padrões de uso e ocupação do solo, o regime jurídico do processo de EIA, o planeamento urbanístico, bem como as preferências e percepções das populações, entre outras variáveis.

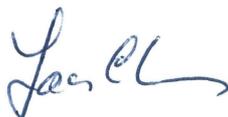
Recomenda-se que o efeito de barreira seja analisado no contexto do conjunto global dos impactes ambientais, sendo desejável uma visão estratégica e integrada de todo o processo de AIA, em ligação com os objectivos estratégicos de política, conforme sugere o método do Reino Unido. A este respeito, refira-se que a Avaliação Ambiental Estratégica (Lei nº 232/2007, de 15 de Junho) aplicada ao nível das políticas, planos e programas de transportes constitui um contributo importante em todo o processo, uma vez que a AIA das alternativas de transporte pode ser realizar numa fase inicial, sendo possível a escolha de alternativas que, de forma antecipada, vão ao encontro da sustentabilidade nas suas várias dimensões.

É desejável que a metodologia de avaliação de cada impacte ambiental convirja, no contexto europeu, para a utilização de conceitos e procedimentos comuns e que os métodos a recomendar possam ser demonstrações de boas práticas em termos de eficiência e eficácia do processo de AIA.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Março de 2009.

VISTOS

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



*Doutor Eng.º João Lourenço Cardoso
Investigador Principal*

AUTORIA



*Doutora Eng.ª Elisabete Arsenio
Investigadora Auxiliar*

*O Director do Departamento de
Transportes*



*Eng.º António Lemonde de Macedo
Investigador Coordenador*

BIBLIOGRAFIA

Adams, W. (1936). Road Traffic Considered as a Random Series, *Journal of the Institute of Civil Engineers*, 4, 121-130.

Bain. P. (1997). Monetization of Environmental Impacts of Roads. BC Ministry of Transportation and Highways, Canada.

Damarad, T. and Bekker, G. J. (2003). COST 341 – Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure: Findings of the COST Action 341. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg.

Danish Road Directorate (1992). Evaluation of Highway Investment Projects, Danish Road Directorate.

DfT (1993). Department for Transport. Design Manual for Roads and Bridges vol. II: Environmental Impact Assessment. The Stationery Office, London.

DfT (2005). Monetisation of Severance Impacts. Transport Research Laboratory Limited, London.

DETR (1998). A New Deal for Transport: Better for Everyone, London.

DTLR (2002). Better Policy Making: Integrated Policy Appraisal in DTLR, London.

DfT 2005. Department for Transport. Introduction to Transport Analysis. TAG Unit 1.1, London.

Estradas de Portugal S.A. e IST (2007). Guia de Estudos de Impacte Ambiental de Infra-estruturas Rodoviárias, Estradas de Portugal S.A..

Geurs, K. Boon, W. Van Wee, B. (2009). Social Impacts of Transport: Literature Review and the State of the Practice of Transport Appraisal in the Netherlands and the United Kingdom, *Transport Reviews*, vol.29 pp 69-90.

Guo, X. Back, J. Dunne, M. (2001). Crossing Pedestrians and Dynamic Severance on Urban Main Roads, *Road & Transport Research*, September.

HMT (2003). HM Treasury revised edition of the Green Book, Appraisal and Evaluation in Central Government, UK.

NRA - National Roads Authority of Ireland (2006). Guidelines for Assessment of Ecological Impacts of National Road Schemes, NRA, Dublin.

Rogers, M. (2003). Highway Engineering, Blackwell Science, Oxford.

Russell, J. e Hine, J. (1996). Impact of Traffic on Pedestrian Behaviour: measuring the traffic barrier, *Traffic Engineering and Control*, Vol. 37, N° 1, pp 16-19.

Saelensminde, K. (2004). Cost-benefit Analysis of Walking and Cycling Track Networks taking into account Insecurity, Health Effects and External Costs of Motorized Traffic, *Transportation Research Part A* 38, pp 593-606.

Tanner, J. (1962). A Theoretical Analysis of Delay at an Uncontrolled Intersection, *Biometrika*, 49, 163-170.

Thedéen, T. (2006). Setting the Stage: the vulnerability of critical infrastructures, Springer, Netherlands.

UK Department for Transport (2003). The Severance Sub-Objective, TAG Unit 3.6.2, London.

Victoria Transport Policy Institute (2009). Transportation Cost and Benefit Analysis II - Barrier Effect, VTPI, Canada.

