

## TRANSPLAN: UM PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA A AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE INTERVENÇÕES URBANÍSTICAS SOBRE O DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE TRANSPORTES

**António Antunes**

**Bruno Santos**

**Álvaro Seco**

**João Bigotte**

Universidade de Coimbra, Portugal

**Luis Antonio Lindau**

LASTRAN, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

### RESUMO

Esse artigo inicia destacando a importância da aplicação de modelos no âmbito da avaliação do impacto que grandes intervenções urbanísticas podem acarretar sobre os sistemas de transportes. Em seguida, desenvolve-se uma breve apresentação dos princípios e estrutura básicos do modelo clássico de transportes. Descreve-se a forma de utilização do programa *TransPlan*, que constitui uma implementação computacional do modelo de transportes, tendo por base as interfaces gráficas de entrada de dados e saída de resultados. A aplicabilidade do programa é demonstrada através da descrição de um exemplo, no caso, o estudo do impacto da abertura de um grande complexo multi-uso – o complexo *Euro Stadium* – sobre o funcionamento da rede viária da cidade de Coimbra (em Portugal). Para concluir, efetua-se uma análise crítica da versão atual do programa computacional e enunciam-se os principais melhoramentos a introduzir em próximas versões.

### ABSTRACT

This paper begins by depicting the importance of applying models to evaluate impacts over the transportation system, deriving from urban interventions. It follows by briefly presenting the principles and the basic structure of the four-step transportation model. The paper describes the operation of the so-called *Transplan* model by demonstrating the user interface for data entry and the results produced by the package. The applicability of the software is shown through the description of a case study – the impact of the *Euro Stadium* multi-purpose complex over the operation of the road network of Coimbra (in Portugal). It concludes by critically analyzing the current version of the software and by pinpointing the key improvements to be introduced in future developments and versions of *Transplan*.

### 1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, os problemas mais sérios de congestionamento enfrentados pelos centros urbanos resultam, em muitos casos, de reflexos mal dimensionados de intervenções urbanísticas sobre o sistema de transportes. Dada a complexidade que, em geral, caracteriza o funcionamento dos centros urbanos, a avaliação *ex-ante* do impacto de intervenções urbanísticas de grande escala sobre o desempenho do sistema de transportes, só pode ser efetuada, com um mínimo de segurança, através do uso de programas computacionais.

A literatura reporta uma quantidade significativa de trabalhos resultantes da aplicação de programas computacionais, como o EMME2 (INRO, 2003) e SATURN (ITS, 2001), entre outros, para avaliar intervenções urbanísticas. Entretanto, no meio técnico público, ainda vigora o processo de tomada de decisões baseado em análises empíricas fundamentadas na prática da tentativa-e-erro.

Ao analisar os motivos responsáveis pela difusão limitada da prática da modelagem, várias questões emergem. Os programas computacionais comerciais requerem um certo grau de familiaridade de seus usuários com técnicas de modelagem descritas em livros dedicados, como o de Ortúzar e Willumsen (2001). Barreiras adicionais à utilização de técnicas computacionais derivam da dificuldade natural de utilizar programas cuja execução requer uma quantidade significativa de dados. Ainda, poucos são os programas computacionais que

se classificariam na dimensão de ferramentas didáticas acessíveis àqueles que se dispõem à iniciação na prática da modelagem. Entre eles cabe destacar o GUTS, de autoria de Ortúzar e Willumsen (1980), cuja versão para micro-computadores foi desenvolvida por Ortúzar e Valeze (1988) e cuja experiência no uso educacional foi reportada, por exemplo, por Strambi (1994).

O programa *TransPlan*, descrito neste artigo, constitui uma implementação do denominado modelo de transportes desenvolvida em linguagem Visual BASIC para rodar no sistema Microsoft Windows. As razões que embasam o desenvolvimento do programa são essencialmente didáticas, pois ele surgiu enquanto instrumento de apoio ao ensino da disciplina de Planejamento Regional e Urbano do Curso de Licenciatura em Engenharia Civil da Universidade de Coimbra.

Como consequência das preocupações didáticas que estão na sua origem, o programa não permite realizar a avaliação pormenorizada do impacto de intervenções urbanísticas sobre o desempenho do sistema de transportes na dimensão propiciada por programas comerciais. Em contrapartida, o *TransPlan* apresenta uma maior facilidade de uso, por ser mais amigável no tocante à entrada de dados e saída de resultados e por ser menos exigente do que os programas comerciais em termos de necessidades de informação.

O artigo encontra-se organizado em cinco seções. Após esta introdução, procede-se a uma apresentação muito sumária do modelo de transportes. Em seguida, descreve-se o modo de utilização do programa *TransPlan* fazendo-se referência aos dados de entrada e aos resultados possíveis de obter. Depois, descreve-se um exemplo de aplicação do programa ao estudo do impacto da abertura de um grande complexo multi-uso – o complexo Euro Stadium – sobre o funcionamento da rede viária da cidade de Coimbra (em Portugal). Para concluir, efetua-se uma análise crítica da presente versão do programa *TransPlan* e enunciam-se os principais melhoramentos a introduzir em próximas versões.

## **2. MODELO DE TRANSPORTES**

O denominado modelo de transportes é, desde há quase cinquenta anos, o instrumento mais utilizado para a simulação da operação e planeamento de sistemas de transporte. As bases conceituais do modelo foram estabelecidas em Mitchell e Rapkin (1954) e a sua primeira implementação ocorreu durante a elaboração do *Chicago Area Transportation Study* de 1962. O modelo encontra-se sinteticamente descrito em McNally (2000) e é pormenorizadamente apresentado em Ortúzar e Willumsen (2001).

O modelo aplica-se a uma rede viária constituída por nós e eixos e, na versão clássica, consiste de quatro módulos (ou blocos, ou sub-modelos), respectivamente designados produção/atração, distribuição, repartição modal e alocação.

Os nós representam quer as zonas de origem ou destino de viagens, quer os pontos de passagem mais importantes dessas viagens, e, particularmente, aqueles onde, no decurso de uma viagem, ocorrem mudanças no modo de transporte (os chamados interfaces inter-modais).

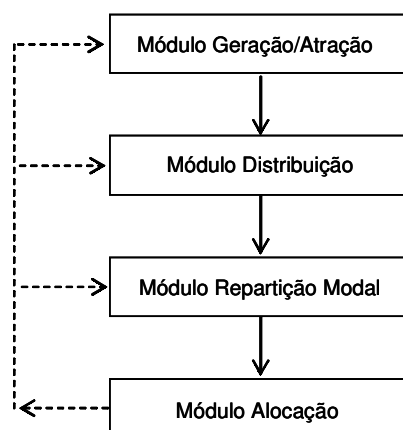
Os eixos (ou arcos, ou segmentos) representam a possibilidade de movimentos (diretos) entre nós, quer em termos agregados, sem especificar o modo de transporte utilizado, quer em termos desagregados.

O módulo produção/atração permite estimar o número de viagens com origem em cada zona e o número de viagens com destino a cada zona, ou estabelecer indicadores apropriados do número dessas viagens em função das características da zona (número e tamanho médio das famílias, taxa de atividade, taxa de motorização, número de empregos, etc.).

O módulo distribuição permite estimar o número de viagens entre cada zona de origem e cada zona de destino. A técnica de estimação mais utilizada no âmbito deste módulo envolve o recurso aos denominados modelos gravitacionais, onde o número de viagens entre duas zonas é inversamente proporcional a uma função da distância (ou, mais geralmente, ao custo generalizado de viagem) entre as zonas e diretamente proporcional a atributos que dizem respeito ao potencial de produção/atração de viagens dessas zonas (como por exemplo, as populações ou frotas veiculares nelas existentes).

O módulo repartição permite estimar a forma como as viagens se dividem entre os modos de transporte. A técnica de estimação mais utilizada no âmbito deste módulo envolve modelos do tipo logit, onde a probabilidade de utilização de um dado modo de transporte resulta da utilidade relativa proporcionada por esse modo em relação aos demais disponíveis. Os custos generalizados tendem a ser empregados como aproximações das utilidades dos modos. O módulo alocação permite estimar o volume de tráfego em cada eixo, por modo de transporte e/ou em termos agregados. As técnicas de estimação mais utilizadas baseiam-se no conceito de alocação de equilíbrio, devido a Wardrop (1952), segundo o qual cada condutor minimiza o respectivo custo generalizado de viagem tendo em conta as condições de circulação prevalentes na rede viária.

Os módulos são primeiro operados de forma sequencial e depois, eventualmente, de forma iterativa, como se indica na Figura 1.



**Figura 1:** Módulos do Modelo de Transportes

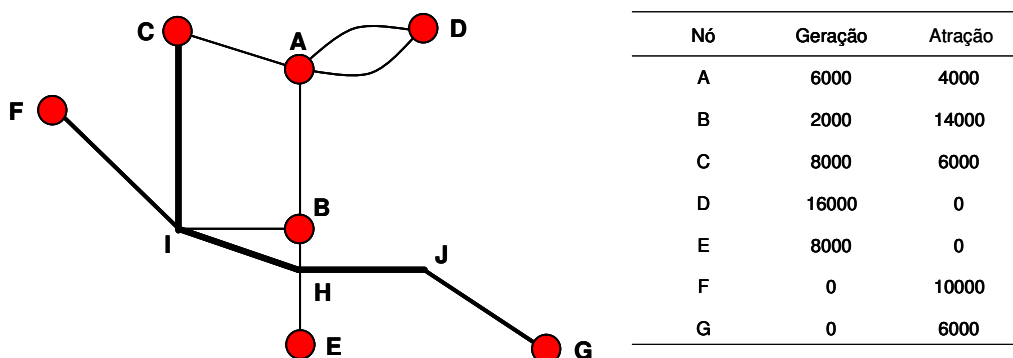
### 3. UTILIZAÇÃO DO TRANSPLAN

A descrição da utilização do programa *TransPlan* é efetuada tendo por referência o problema Exemplo, relativo a um aglomerado de cinco zonas (Figura 2). Uma vez iniciada a execução do programa, surge no monitor a janela de apresentação. A partir desta janela, uma vez acionado o botão ‘Continuar’, tem-se acesso à janela “Dados do Problema” (Figura 3), através da qual o usuário informa o programa se pretende tratar de um novo problema ou de um problema existente, previamente registrado em arquivo.

### 3.1. Entrada de Dados

#### 3.1.1. Novo Problema

No caso de se tratar de um novo problema, é necessário começar por indicar o nome que se quer atribuir ao problema. Este nome é importante, porque irá identificar a pasta onde serão guardados todos os arquivos de resultados relativos ao problema e, além disso, porque aparecerá no topo dos referidos arquivos.



**Figura 2: Problema Exemplo**

A janela 'Dados do Problema' apresenta a seguinte interface:

- Título: Dados do Problema
- Seção: Inserção de dados
- Opções de seleção:
  - ☒ Novo Problema
  - ☐ Matriz O/D
  - ☐ Modelo Gravitacional
  - ☐ Problema Existente (em Arquivo)
- Forma de entrada de dados:
  - Nome do Problema: Exemplo
  - ☒  $f(L_{ij}) = (L_{ij})^\beta$
  - ☐  $f(L_{ij}) = \text{EXP}(\beta \cdot L_{ij})$
- Opção de checkbox: ☐ Considerar trânsito intra-zonal
- Valor:
- Botões de navegação: << Voltar, Continuar >>

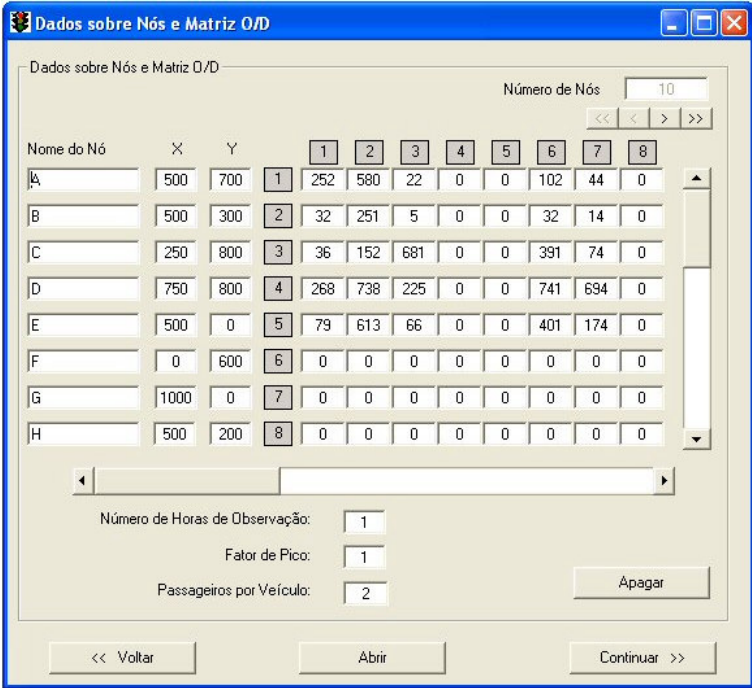
**Figura 3: Janela “Dados do Problema”**

Depois, é necessário informar o programa se a matriz origem-destino de tráfego é conhecida ou se precisa ser estimada através de um modelo gravitacional (a partir de informações sobre produção e atração de tráfego). Nesta hipótese, é ainda necessário fornecer ao programa informação sobre o tipo de função de impedância a utilizar (potência ou exponencial), sobre a necessidade de considerar o tráfego intra-zonal e, caso este seja considerado, sobre o valor a utilizar como referência para a distância intra-zonal.

Em seguida, uma vez accionado o botão ‘Continuar’, tem-se acesso, primeiro, à janela ‘Dados sobre Nós e Matriz O/D’ (Figura 4), no caso da matriz origem-destino ser conhecida, ou à janela ‘Dados sobre Nós e Produção/Atração de Viagens’ (Figura 5), no caso da matriz ter de ser estimada através de um modelo gravitacional, e tem-se acesso, depois, à janela ‘Dados sobre Arcos’ (Figura 6).

Na janela ‘Dados sobre Nós e Matriz O/D’ introduz-se informação sobre o número de nós da rede viária, o nome dos nós, as coordenadas (X e Y) de pontos representativos dos nós, o volume de tráfego com origem em cada nó e destino a cada nó (expresso em UVP – unidades de veículos padrão), o número de horas de observação, e o fator de pico a considerar (refletindo o peso da hora de pico no conjunto das horas de observação).

Na janela ‘Dados sobre Nós e Produção/Atração de Tráfego’ introduz-se informação sobre o número de nós, o nome dos nós, as coordenadas (X e Y) de pontos representativos dos nós, o número total de viagens gerado e atraído por cada nó, o número de horas de observação a que essas viagens correspondem, o fator de pico a considerar (refletindo o peso da hora de pico no conjunto das horas de observação), o parâmetro de impedância a utilizar e o número médio de passageiros por veículo.



**Dados sobre Nós e Matriz O/D**

Número de Nós: 10

Nome do Nó	X	Y	1	2	3	4	5	6	7	8
A	500	700	1	252	580	22	0	0	102	44
B	500	300	2	32	251	5	0	0	32	14
C	250	800	3	36	152	681	0	0	391	74
D	750	800	4	268	738	225	0	0	741	694
E	500	0	5	79	613	66	0	0	401	174
F	0	600	6	0	0	0	0	0	0	0
G	1000	0	7	0	0	0	0	0	0	0
H	500	200	8	0	0	0	0	0	0	0

Número de Horas de Observação: 1

Fator de Pico: 1

Passageiros por Veículo: 2

Apagar

<< Voltar    Abrir    Continuar >>

**Figura 4:** Janela “Dados sobre Nós e Matriz O/D”

**Dados sobre Nós e Geração/Atração de Viagens**

Número de Nós: 10

Nó:	Nome:	X	Y	Geração	Atração
1	A	500	700	6000	4000
2	B	500	300	2000	14000
3	C	250	800	8000	6000
4	D	750	800	16000	0
5	E	500	0	8000	0
6	F	0	600	0	10000
7	G	1000	0	0	6000
8	H	500	200	0	0
9	I	250	300	0	0
10	J	750	200	0	0

Número de Horas de Observação: 6  
Fator de Pico: 1  
Parâmetro de impedância ( $\beta$ ): 1,5  
Passageiros por Veículo: 1,5

Buttons: << Voltar, Abrir, Continuar >>, Apagar

**Figura 5:** Janela “Dados sobre Nós e Produção/Atração de Viagens”

**Dados sobre Arcos**

Número de Arcos: 12

Arco:	De:	Para:	Km	Km/h	2 Sent	Faixas
AD1	1	4	4	40	<input checked="" type="checkbox"/>	1 x 1
AD2	1	4	3	40	<input checked="" type="checkbox"/>	1 x 1
AC	1	3	4	40	<input checked="" type="checkbox"/>	2 x 2
AB	1	2	1	40	<input checked="" type="checkbox"/>	2 x 2
BH	2	8	1	40	<input checked="" type="checkbox"/>	1 x 1
CI	3	9	3	80	<input checked="" type="checkbox"/>	2 x 2
BI	2	9	3	40	<input checked="" type="checkbox"/>	2 x 2
HI	8	9	3	80	<input checked="" type="checkbox"/>	2 x 2
EH	5	8	1	40	<input checked="" type="checkbox"/>	1 x 1
FI	6	9	5	80	<input checked="" type="checkbox"/>	2 x 2
HJ	8	10	3	80	<input checked="" type="checkbox"/>	2 x 2
GJ	7	10	5	80	<input checked="" type="checkbox"/>	2 x 2
						x
						x
						x

Função de Alocação:  
☒ Bureau of Public Roads  
 $t = t_0 * [1 + \alpha * (V/Qp)^{\beta}]$   
☐ Linear por intervalos

Buttons: << Voltar, Abrir, Gravar, Continuar >>, Apagar

**Figura 6:** Janela “Dados sobre Eixos”

Na janela ‘Dados sobre Eixos’ introduz-se informação sobre o número de eixos, o nome dos eixos, o número dos nós de início e fim de cada eixo, o comprimento dos eixos, a velocidade



de circulação livre em cada eixo, o número de sentidos de circulação em cada eixo, o número de faixas de circulação em cada sentido em cada eixo e o tipo de função a utilizar para a alocação do tráfego aos eixos. Relativamente a esta função, consideram-se duas alternativas:

- Função de alocação do Bureau of Public Roads (BPR, 1964):

$$t = t_0 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{V}{Q_p} \right)^\beta \right] \quad (1)$$

onde

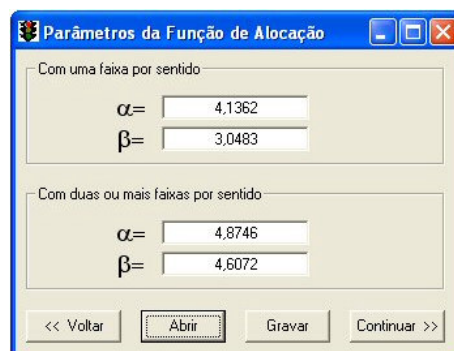
- $t$ : tempo de viagem;
- $t_0$ : tempo de viagem em condições de circulação livre;
- $V$ : volume de tráfego;
- $Q_p$ : capacidade;
- $\alpha$  e  $\beta$ : parâmetros de calibração.

- Função de alocação linear por intervalos (do tipo daquela que é utilizada pelo Department of Transport do Reino Unido – UK DoT, 1985).

Qualquer que seja a função de alocação escolhida, surge em seguida uma caixa de diálogo. No caso de se optar pela função do Bureau of Public Roads, é necessário inscrever na caixa o valor dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  a utilizar para os eixos com uma faixa por sentido ou com duas ou mais faixas por sentido (Figura 7). No caso de se optar por uma função de alocação linear por intervalos, é necessário inscrever na caixa as coordenadas dos pontos angulosos da função (Figura 8). A informação sobre o valor dos parâmetros e as coordenadas dos pontos angulosos pode ser gravada em arquivo acionando o botão ‘Gravar’. Se tal for feito, em utilizações ulteriores do programa é possível recuperar a informação introduzida acionando o botão ‘Abrir’ e localizando o arquivo onde a informação foi gravada.

### 3.1.2. Problema Existente

No caso de se tratar de um problema existente, uma vez accionado o botão ‘Continuar’ na janela ‘Dados do Problema’, surge no monitor uma caixa de diálogo, através da qual é possível localizar o arquivo em que os dados do problema foram anteriormente gravados. Os referidos dados aparecem em seguida nas janelas ‘Dados sobre Nós e Matriz O/D’ ou ‘Dados sobre Nós e Produção/Atração de Tráfego’ e ‘Dados sobre Arcos, podendo ser alterados no caso de haver modificações a introduzir.



**Figura 7:** Janela ‘Parâmetros da Função Alocação’

**Figura 8:** Janela ‘Forma da Função Alocação’

### 3.2. Saída de Resultados

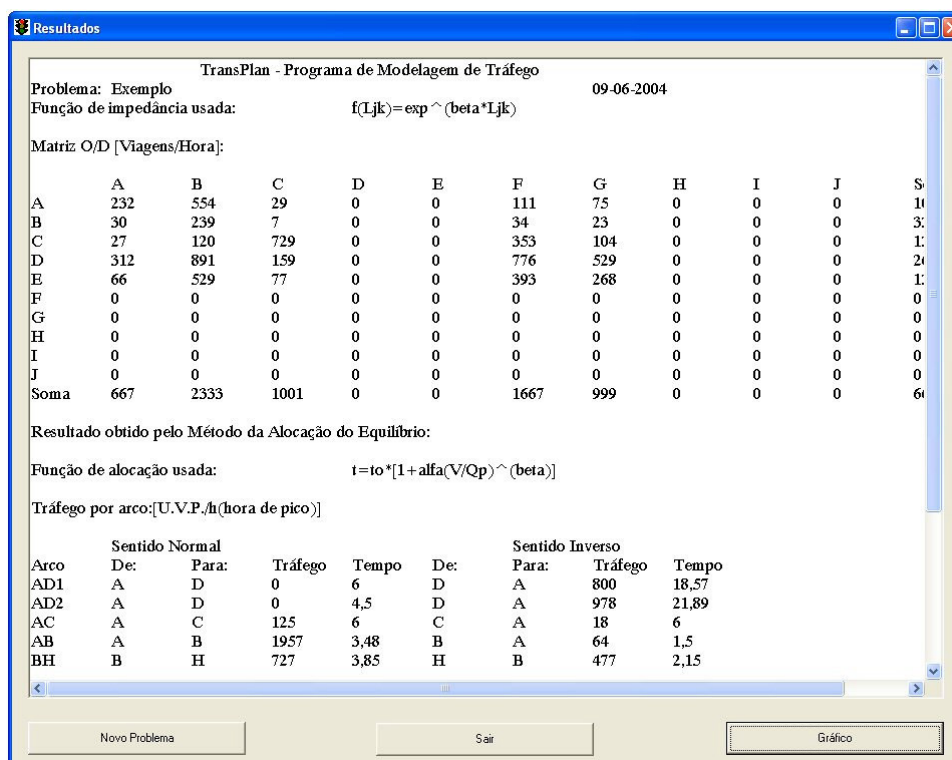
Depois de inseridos todos os dados do problema, o programa vai realizar os cálculos relativos à aplicação do modelo de transportes, facultando informações sobre o andamento dos mesmos (assinala, nomeadamente, o fim da execução do módulo de distribuição, a iteração do processo de atribuição em curso e a ocorrência de excesso de capacidade nos eixos).

Quando termina a execução do módulo de alocação, surge no monitor a janela ‘Resultados do Problema’ com informação sobre a matriz origem-destino de viagens e o volume de tráfego estimado para cada eixo, em cada sentido (Figura 9).

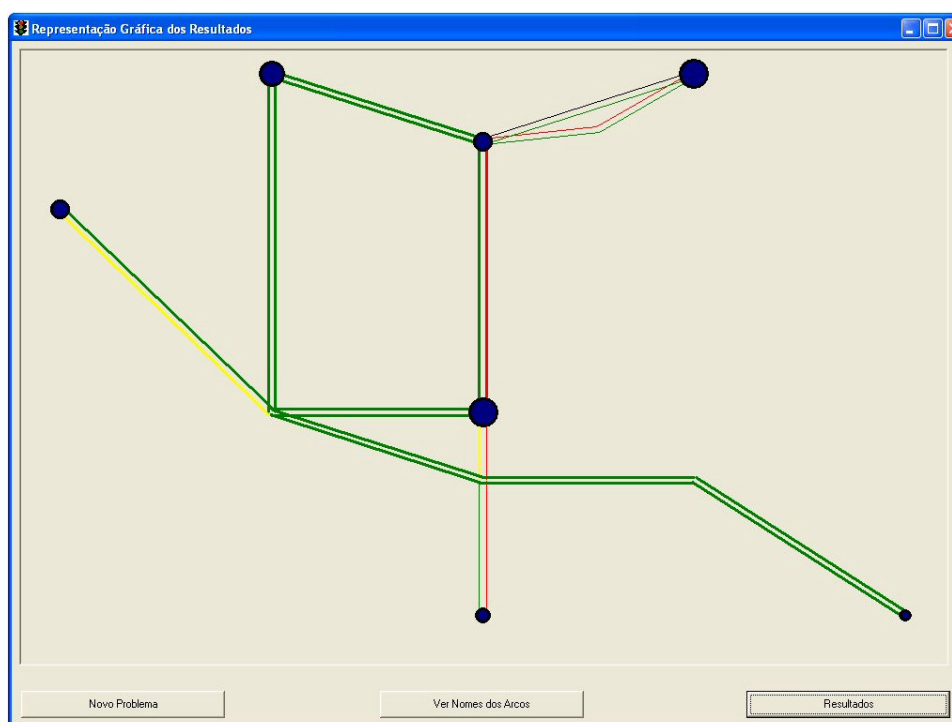
A partir da janela ‘Resultados do Problema’ é possível ter acesso a um gráfico representativo da solução do problema, onde as zonas são representadas em azul com um diâmetro proporcional ao número de viagens que geram e atraem e os eixos são representados em preto, vermelho, amarelo ou verde consoante à percentagem de capacidade utilizada (90-100, 70-90, 40-70 e 0-40, respectivamente) com uma espessura proporcional ao número de faixas (Figura 10). A representação dos eixos é efetuada em conformidade com a regra da circulação pela direita. No referido gráfico, se tal for desejado, é possível visualizar o nome dos nós e dos eixos.

Os resultados obtidos são registados em um arquivo de texto (Resultados\_Exemplo.txt) e em dois arquivos imagem (Gráfico\_Exemplo\_SemNomes.wmf e Gráfico\_Exemplo\_ComNomes.wmf). Em um outro arquivo de texto (Cálculos\_Exemplos.txt) são registados todos os resultados intermediários do processo de cálculo, e, nomeadamente, aqueles que correspondem ao desenvolvimento dos módulos de distribuição e alocação.





**Figura 9: Janela 'Resultados do Problema'**



**Figura 10: Janela 'Gráfico da Solução'**

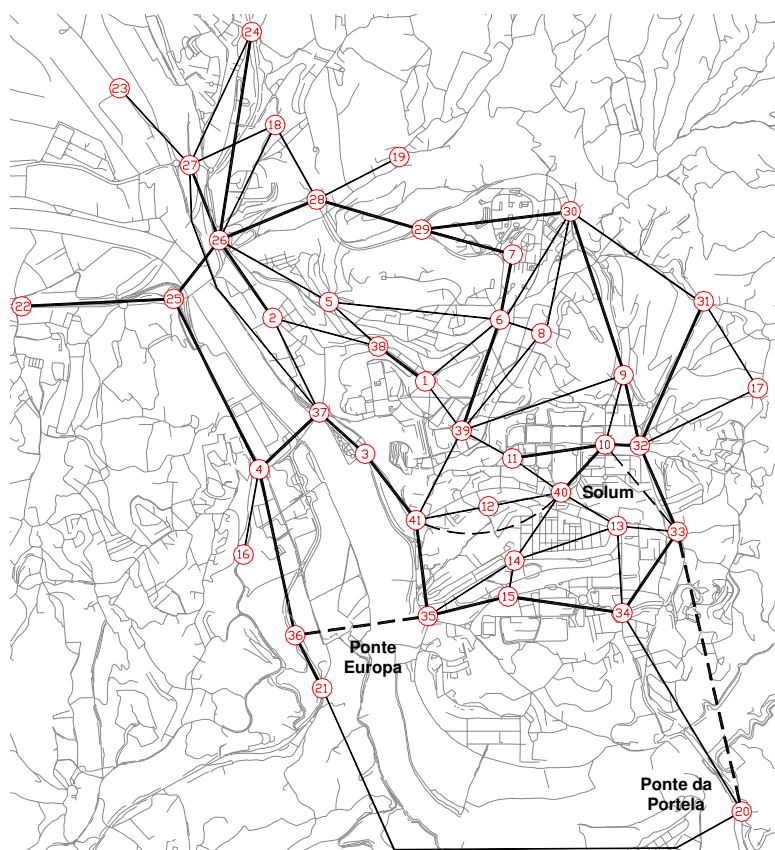
## **4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO**

### **4.1. Introdução**

O programa *TransPlan*, além de aplicações de natureza académica, foi utilizado para estimar o impacto da abertura de um grande complexo multi-uso – o complexo Euro Stadium – sobre o funcionamento da rede viária da cidade de Coimbra.

A cidade de Coimbra, localizada no centro de Portugal, possui uma população de cerca de 100.000 habitantes. A respectiva rede viária compreende aproximadamente 150 km de vias, dos quais 50 km correspondem a vias estruturais. Para efeitos da aplicação do programa, a cidade foi representada por um modelo constituído por 41 nós e 69 eixos (Figura 11). Os nós 1 a 19 representam zonas urbanas ou peri-urbanas, os nós 20 a 24 correspondem às entradas na cidade, e os nós 25 a 41 representam interseções importantes da rede viária. Os eixos representam as vias estruturais existentes e também algumas vias estruturais cuja abertura está prevista para breve. A matriz origem-destino de tráfego da cidade foi estabelecida recentemente no âmbito de um estudo desenvolvido através de um protocolo de cooperação entre a Câmara Municipal de Coimbra e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC, 2003).

O complexo Euro Stadium localiza-se na zona da Solum, e foi empreendido com o objetivo da cidade poder acolher jogos do Campeonato Europeu de Futebol de 2004. Para além do estádio propriamente dito, com capacidade para 32.000 espectadores, e de outros equipamentos desportivos, o complexo inclui edifícios residenciais, equipamentos comerciais e amplas áreas de estacionamento (cerca de 3.000 lugares). Durante a hora de pico da tarde, a mais carregada em termos de tráfego, estima-se que, em dias normais, o complexo venha a provocar um acréscimo de tráfego de 1200 UVP, igualmente repartido entre entradas e saídas.



**Figura 11:** Modelo da Cidade de Coimbra

#### 4.2. Situação Atual

Os volumes médios de tráfego que circulam em Coimbra na situação atual durante a hora de pico da tarde (isto é, antes da abertura do complexo Euro Stadium) foram estimados através da aplicação do programa *TransPlan* tendo por base a matriz origem-destino de tráfego da cidade. Os referidos volumes foram, em geral, consistentes com os volumes observados em três postos de contagem de tráfego localizados em seções importantes da rede (Tabela 1). No entanto, é importante reconhecer que, em um dos sentidos de tráfego analisados, verificou-se uma diferença elevada (+78%) entre o tráfego estimado pelo programa e o tráfego observado no local.

As condições de circulação na cidade são sobretudo difíceis nos setores norte e oeste da cidade (Figura 12a). Com efeito, nesses setores a utilização de diversos eixos excede os 70% da capacidade disponível ou mesmo os 90%. Por outro lado, nos setores sul e leste, onde se localiza o complexo Euro Stadium, a utilização é quase sempre inferior a 70% ou mesmo a 40%. O *TransPlan* utiliza uma escala de cores para representar a relação volume/capacidade,  $V/C$ , que passa pelo amarelo ( $V/C < 0,4$ ), verde ( $0,4 \leq V/C < 0,7$ ), vermelho ( $0,7 \leq V/C < 0,9$ ) e preto ( $V/C \geq 0,9$ ).

#### 4.3. Situação Futura

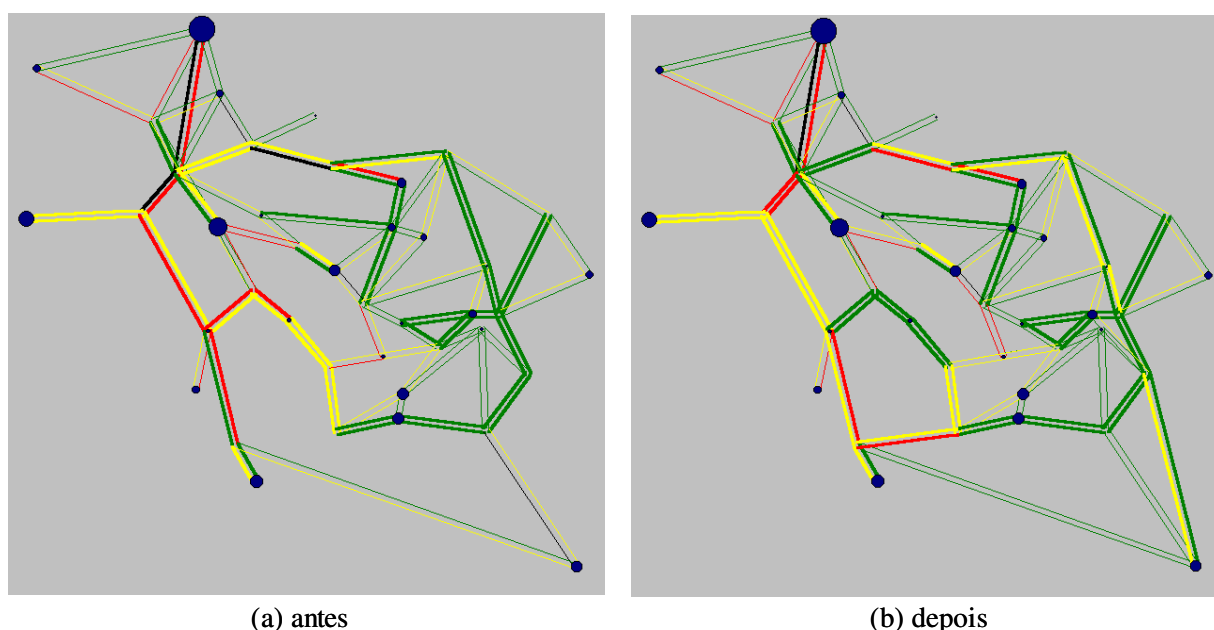
A abertura do complexo Euro Stadium vai significar, na zona da Solum, um acréscimo de tráfego cujo valor se estima em 1200 UVP durante a hora de pico da tarde, igualmente repartido entre entradas e saídas. À falta de melhor informação, é legítimo admitir que o volume adicional de tráfego distribua-se pelas diversas zonas proporcionalmente à importância dessas zonas enquanto origem e destino de tráfego.

**Tabela 1:** Tráfego Observado vs Tráfego Estimado pelo Programa *TransPlan*

Eixo	De	Para	Contagem	Modelo	Diferença
			(UVP/h)	(UVP/h)	(%)
Av. Prof. Mário Silva	Bencanta	São Martinho do Bispo	1974	1567	-20.6
	São Martinho do Bispo	Bencanta	1416	1508	6.5
Av. Inês de Castro	Margem Esquerda	Quinta das Lages	1227	2190	78.5
	Quinta das Lages	Margem Esquerda	702	798	13.7
Av. da Guarda Inglesa	Margem Esquerda	Bencanta	1407	1377	-2.1
	Bencanta	Margem Esquerda	1347	1811	34.4

De acordo com o programa *TransPlan*, o volume adicional de tráfego, na ausência de qualquer intervenção sobre a rede, apresentaria um impacto extremamente negativo em diversas seções da rede, algumas não necessariamente próximas do complexo. No entanto, estão em andamento algumas intervenções importantes na rede, como a construção de uma nova ponte sobre o Rio Mondego (a Ponte Europa) e o melhoramento da Ponte da Portela e respectivos acessos, cuja entrada em funcionamento fará com que esse impacto seja relativamente reduzido (Figura 12b).

Com efeito, a análise das condições de circulação em Coimbra antes e depois da abertura do complexo Euro Stadium revela que a situação na parte leste da cidade, onde se localiza o complexo, apenas deverá agravar em duas seções da rede viária (incluídas na circular interna da cidade) e, mesmo assim, sem que sejam atingidos níveis preocupantes de congestionamento de tráfego. Além disso, revela que as dificuldades que se poderiam antecipar relativamente à situação no centro da cidade não deverão ser confirmadas, pois uma fração importante do volume de tráfego, que atualmente aí circula, será desviada após a entrada em funcionamento da Ponte Europa, cuja capacidade relativamente elevada (três faixas por sentido) será imediatamente utilizada de modo significativo. E, por fim, a análise revela que deverá ocorrer uma diminuição do número de eixos em situação de congestionamento grave na parte norte da cidade, local onde atualmente são registradas as principais dificuldades de circulação.



**Figura 12:** Condições de Circulação em Coimbra antes e depois da Abertura do Complexo Euro Stadium

## 5. CONCLUSÃO

O presente artigo apresenta o programa *TransPlan*, uma implementação do denominado modelo de transportes que permite realizar, de forma simples e amigável, a avaliação *ex-ante* do impacto de intervenções urbanísticas de grande escala sobre o desempenho do sistema de transportes de um centro urbano.

Na versão atual, o programa já apresenta grande utilidade prática, como evidencia o exemplo de aplicação descrito. No entanto, o programa ainda possui algumas limitações, entre as quais as mais importantes decorrem da ausência de um tratamento adequado da multi-modalidade e das interseções. Na verdade, ambos os aspectos têm de ser tratados de forma indireta. No caso da multi-modalidade utiliza-se o expediente da conversão de fluxos de tráfego de vários modos de transporte em unidades de veículo padrão equivalentes. No caso das interseções emprega-se o artifício do aumento do comprimento dos eixos nelas convergentes. O aspecto da multi-modalidade é especialmente importante pois o impacto de certas intervenções urbanísticas sobre o desempenho de um sistema de transportes varia muito consoante essas intervenções sejam ou não acompanhadas de alterações na oferta de transporte coletivo (que podem incluir até a introdução de modos de transporte em via dedicada, como o veículo leve sobre trilhos).

## 6. REFERÊNCIAS

- BPR (1964) *Traffic Assignment Manual*. Bureau of Public Roads, Washington DC, USA.
- FCTUC (2003) *Organização do Sistema de Transportes de Coimbra – Matriz Origem-Destino*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- INRO (2003) *The EMME/2 Transportation Planning Software: Modelling and Analysis Features*. INRO Consultants, Montréal, Canada.
- ITS (2001) *SATURN 10.3 User Manual*. Institute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds, UK.
- McNally, M. G. (2000) The four-step model. In Hensher, D. A. e K.J.Button (eds) *Handbook of Transport Modelling*. Amsterdam, The Netherlands.
- Mitchell, R. B. e C. Rapkin (1954) *Urban Traffic: A Function of Land Use*. Columbia University Press, New York, USA.
- Ortúzar, J. D. e J.Valeze (1988) *MicroGUTS – Juego de Planificacion de Transporte – Manual del Usuario y Manual del Administrador*. Departamento de Ingenieria de Transporte, Pontificia Universidad Catolica de Chile, Santiago, Chile.
- Ortúzar, J. D. e L.G.Willumsen (2001) *Modelling Transport*. Wiley, Chichester, UK.
- Ortúzar, J. D. e L.G.Willumsen (1980) *GUTS: A Game on Urban Transport Simulation*. Working Paper 130, Leeds Institute for Transport Studies, University of Leeds, UK.
- Strambi, O. (1994) Experiência com o Uso Educacional do MicroGUTS – Jogo de Simulação de Transporte Urbano. *Anais do VII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Recife, v.1, p.172-177.
- UK DoT (1985) *Traffic Appraisal Manual*. Department of Transport, London, UK.
- Wardrop, J. G. (1952) Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, parte II, p. 325-378.