

## **CONFIGURANDO A REDE PRINCIPAL DE TRANSPORTES PARA ALOCAÇÃO DOS FLUXOS UTILIZANDO OS PROGRAMAS EMME-2 E TRANSCAD.**

**José Aparecido Sorratini<sup>1</sup>, Carlos Alberto Faria<sup>2</sup> e Eduardo César Miranda Borges<sup>2</sup>**

1: Faculdade de Engenharia Civil  
Universidade Federal de Uberlândia  
Av João Naves de Ávila 2121  
38.400-900 Uberlândia – MG  
Brasil

e-mail: [sorratin@ufu.br](mailto:sorratin@ufu.br), web: [www.feciv.ufu.br](http://www.feciv.ufu.br)

2: Faculdade de Engenharia Civil  
Universidade Federal de Uberlândia  
Av João Naves de Ávila 2121  
38.400-900 Uberlândia – MG  
Brasil

e-mail: {[cafaria@ufu.br](mailto:cafaria@ufu.br), [eduardo.borges@autotracc.com.br](mailto:eduardo.borges@autotracc.com.br)} web: [www.feciv.ufu.br](http://www.feciv.ufu.br)

**Palavras-chave:** Rede viária, atribuição de fluxos, caminhos mínimos, TransCAD, Emme-2

**Resumo.** *O planejamento de transportes deve utilizar ferramentas adequadas e consistentes com os métodos e modelos atualmente empregados na engenharia de transportes. Em particular, os recursos de informática para o trabalho com a rede viária são complexos e precisam dispor de grande número de informação para o tratamento mais correto dos problemas urbanos e de transportes. Dentre os programas computacionais mais empregados nesta atividade destacam-se o TransCAD e o Emme-2, dotados de interface gráfica que, em conjunto com Sistemas de Informações Geográficas (SIG), podem transferir para arquivos digitais grande quantidade de informações úteis aos procedimentos de calibração de modelos e geração de cenários.*

## 1. INTRODUÇÃO

O planejamento de transportes é um importante instrumento em tornar as cidades mais viáveis, sobretudo quando integrado adequadamente aos padrões adequados de uso e ocupação do solo que garantam o equilíbrio entre a dinâmica das atividades urbanas e a qualidade de vida desejada.

No método convencional de planejamento de transportes existem etapas técnicas que devem ser observadas para não comprometer os objetivos delineados. Dentre essas etapas a fase de obtenção e processamento de dados requer muita atenção e conhecimento técnico para permitir o desenvolvimento e calibração dos modelos de análise da demanda. Assim, a pesquisa Origem-Destino (O-D) é um importante instrumento para o planejador como forma de direcionamento do trabalho que será implementado.

Na busca do melhor equilíbrio entre demanda/oferta, ou seja, na configuração dos sistemas é de fundamental importância o traçado das linhas de desejo de viagens que apresentam de forma clara e objetiva as necessidades e expectativas de mobilidade da população de uma comunidade. Essas linhas de desejo são reflexos das necessidades e expectativas dos movimentos realizados pela população no seu cotidiano, por isso, constituem-se em informações básicas para a rede viária principal e do transporte público. Montar uma rede e configurá-la não é uma tarefa simples, muito menos rápida; requer um procedimento automatizado e, portanto, a utilização de programas específicos.

Este trabalho apresenta um programa escrito em *Visual Basic* (VB) para gerar uma interface em forma gráfica no programa *AutoCAD*, para criar a rede viária principal e alocar os dados da matriz O-D de um arquivo formatado em planilha eletrônica (*Excel*). Em seguida o arquivo gerado pode ser importado por programas mais robustos de planejamento de transportes como o *Emme-2* e *TransCAD*.

## 2. PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

O planejamento de transportes tem evoluído substancialmente nos últimos anos. A partir da década de 80 do século passado, as técnicas utilizadas têm sofrido grandes avanços, sobretudo pelo desenvolvimento de bons programas e micro-computadores.

Nas grandes cidades brasileiras ainda encontram-se muitos problemas oriundos das anos 1960 e 1970, como é o caso dos congestionamentos, poluição ambiental, acidentes de trânsito etc. Essas situações, atualmente, têm-se apresentado muito mais deterioradas talvez porque os planejamentos urbano e de transportes não estejam sendo focados estrategicamente e/ou sua abrangência não é de longo prazo.

Os modelos empregados cada vez estão mais sofisticados e complexos e os instrumentos de suporte ao bom planejamento do uso e ocupação do solo e transportes têm sido utilizados.

Porém, os resultados avaliados em melhoria na qualidade de vida, maior dinâmica no cotidiano das cidades e menores gastos em transportes não têm sido percebidos como desejados.

Para aplicação do modelo clássico de quatro etapas [4] é necessário uma boa base de dados e, assim, calibrar os modelos de análise de demanda. Esta base de dados deve conter informações de natureza sócio-econômicos e de viagens desagregadas em nível de sub-áreas conforme o zoneamento da área em estudo. Por outro lado, as informações de viagens, além de tudo, devem estar associadas com a caracterização física dos deslocamentos que são operacionalizados na rede de transportes. Esta caracterização física e a associação dos deslocamentos na rede de transportes é o objeto de desenvolvimento deste trabalho.

## 2.1 Pesquisa Origem-Destino

Apesar da pesquisa O-D domiciliar ser complexa e dispendiosa para aplicação porque requer significativos recursos financeiros ela é, ainda, a melhor fonte de informações quanto ao padrão de viagens do cotidiano. Em alguns casos é aceitável que seja realizado um levantamento específico e direcionado para um determinado fim. Por exemplo, no caso de problemas nas viagens com destino ao trabalho pode-se, apenas, aplicar a pesquisa O-D em uma amostra representativa das viagens com destino ao trabalho.

Algumas variáveis como o tempo, custo e distância de viagem derivadas diretamente da pesquisa O-D domiciliar têm sido inadequadas quando comparadas com os valores medidos diretamente. Por isso, métodos complementares ou alternativos de coleta de dados, em casos específicos, podem ser empregados.

A pesquisa O-D [4] deve ser implementada considerando um questionário que seja bem simples e direto, contenha o mínimo de questões abertas, as questões de viagens devem ser vinculadas com as atividades que as originaram e aplicadas diretamente a todos os indivíduos com idade acima de 12 anos (menores de 12 anos devem ser considerados indiretamente).

No aspecto estatístico, para a aplicação da pesquisa O-D [6], devem ser considerados o tamanho da amostra e a forma de expansão e validação dos dados para se ter uma representação ~~boa~~ real das viagens na área considerada. Esses parâmetros estatísticos são amplamente conhecidos e é necessário manter o rigor técnico para se manter a consistência das informações.

A área em estudo deve ser dividida em sub-áreas menores que mantenham a homogeneidade nos comportamentos de viagens sem, contudo, envolver um número exagerado nos procedimentos matemáticos envolvidos na calibração dos modelos. Cada uma das sub-áreas tem um centróide onde estariam concentradas todas as viagens produzidas e atraídas pela sub-área. A representação espacial dessas viagens produzidas e atraídas que interligariam cada par de zonas de origem e de destino, em ligação direta, é denominada de linha de desejo.

As informações de viagens obtidas na pesquisa O-D têm como objetivo a determinação das linhas de desejo que ocorrem entre todas as sub-áreas da área em estudo. Este mapa contendo todas as informações de viagens é confuso devido ao grande número de possibilidades e de difícil interpretação porque as linhas se sobrepõem formando um emaranhado de traços.

Por isso, para análises da oferta, o mais adequado é obter ilustrações de linhas de desejo específicas conforme os segmentos de demanda e, assim, estender as análises para todos os demais segmentos de demanda. Com base nas viagens totais e nos caminhos mínimos da rede de transportes é possível obter o equilíbrio entre demanda/oferta que seria o correspondente a situação mais otimizada do transporte público.

Os caminhos mínimos requerem a configuração da rede de transportes cujo procedimento será discutido a seguir.

## **2.2 Rede de transportes**

As redes, de forma geral, são configuradas como grafos [1], ou seja, constituídas de um conjunto de nós (*nodes*) interligados por arcos (*links*). Os arcos [5] podem ser orientados ou não, característicos de movimento em sentido único ou de mão dupla.

Algumas definições, tais como trilha e circuito, são importantes para melhor entendimento dos grafos. Entende-se por trilha a seqüência de arcos de tal modo que o nó terminal de um arco é o nó inicial do seguinte.(exceção apenas para os nós inicial e final) e circuito é uma trilha finita em que o nó terminal coincide com o nó inicial. Assim, o problema clássico na teoria dos grafos é o da determinação da trilha mais curta entre dois nós e, em seguida, o procedimento passa pela busca do caminho mínimo.

Em termos práticos, os itinerários do transporte público em uma dada cidade podem ser configurados constituindo um grafo  $G=(X,U)$  onde  $X$  é o conjunto de nós (os pontos de paradas e os terminais) e  $U$  o conjunto de arcos. Neste caso, este grafo pode ser mais ou menos complexo pela magnitude da situação real e os procedimentos de busca dos caminhos mínimos devem ser obtidos por processo racional e com os recursos atuais de microinformática. Há uma correspondência entre a trilha mais curta e o fluxo máximo [3].

Este procedimento de identificação dos caminhos mínimos e com fluxos máximos alocados, por sua vez, correspondem aos sistemas otimizados e cujos desdobramentos envolvem análises operacionais sobre a condição de operação [2], nível de serviço e dimensionamento dos sistemas de controle de tráfego. Assim, obtendo um adequado nível de controle sobre a mobilidade na área em estudo.

### 3. PROGRAMA “CRIANDO REDES”

O programa “Criando Redes”, escrito em *VisualBasic*, permite criar uma rede de transportes para uso em outros programas de planejamento de transportes. A rede pode ser criada no programa AutoCAD, ou seja, utilizando uma macro e tendo como fundo um mapa georreferenciado de uma cidade qualquer.

#### 3.1 Carregando a macro

Com o programa AutoAD aberto, no menu *tools* escolhe-se a opção *macro – Load Project*, abre-se uma janela que possibilita abrir arquivos \*.dwb, então escolhe-se o programa Emme2\_2000.dwb – Figura 1.



FIGURA 1 – Carregando a macro para geração de redes

#### 3.2 Executando a macro

Depois que a macro estiver carregado, abrirá uma tela com uma mensagem pedindo para ativar ou desativar a macro. Para isto, vá ao menu *tools*, escolha a opção *macros - macro*.

Em seguida será aberta uma janela pedindo para se escolher a macro a ser executada. Escolha, então, a opção *Modulo1.macro* e em seguida selecione a opção *Run* (Figura 2). Abre-se uma tela, conforme apresentado na Figura 3, contendo os comandos para montar a rede de transportes. A tela apresenta a interface para o usuário criar a rede de pontos e arcos e, em seguida, importar o arquivo da rede em outros programas, tais como o Emme-2. Na tela estão disponíveis 3 opções: inserir, apagar e ferramentas.

##### Inserir

Pode-se inserir pontos e arcos, para isto, é necessário ter-se mais de um ponto alocado. Ao

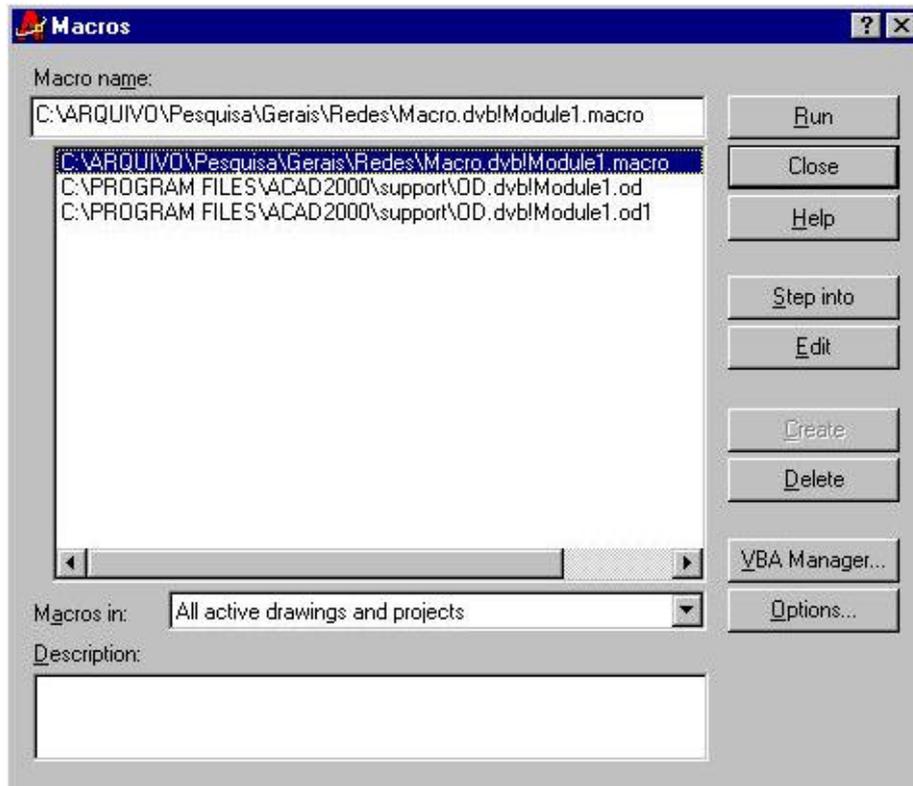


FIGURA 2 – Executando a macro

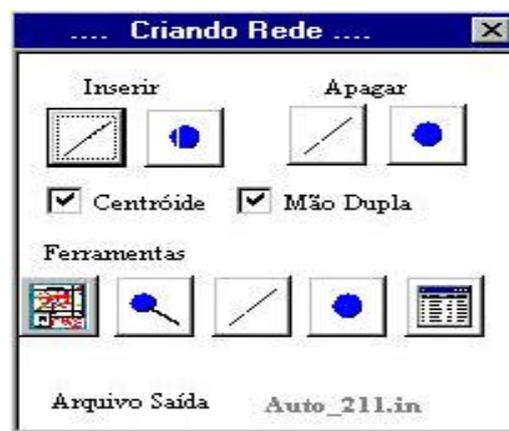


FIGURA 3 – Tela do programa Criando redes

inserir um arco (cor vermelha) o sentido de fluxo é do nó de origem para o de destino. Caso seja necessário, pode-se escolher a opção em mão dupla e o programa desenhará uma linha na cor verde,

Para melhor visualização dos desenhos realizados pode-se atualizar as características dos arcos. Caso a opção não esteja ativada, vá no menu *format – Lineweight*. Abre-se uma janela, conforme a mostrada na Figura 4. Escolha a opção *Display Lineweight*. Os nós podem ser configurados com os comandos de atributos *Pdmode* e o *Pdsize* que controlam a aparência dos objetos do tipo ponto.

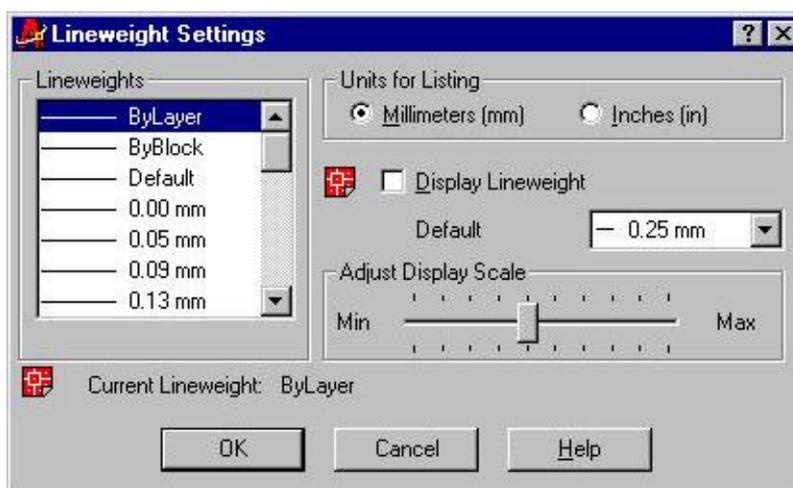


FIGURA 4 – Opções de alteração das características dos arcos

## Apagar

Pode-se apagar um nó ou arco. Ao excluir-se um ponto todos os arcos chegando ou partindo deste nó serão também apagados. Para sair da ferramenta basta clicar na tecla *Esc*.

## Ferramentas

Na opção “Ferramentas” tem-se a possibilidade de visualização dos dados no arquivo de arcos ou de nós, ampliação dos nós e gerar/abrir o arquivo para ser importado pelo programa Emme-2.

Normalmente, a matriz O-D é apresentada em arquivo em planilha eletrônica (*Microsoft Excel*), formato \*.csv. As origens são dispostas em linha e os destinos em coluna e, desta forma, os valores das viagens da matriz O-D são lidos conforme o par ordenado correspondente (origem, destino). No programa Emme-2 a matriz tem que ser identificada por um cabeçalho contendo o nome <a matrix=mf07> , ou seja, uma *matrix full* e *xx* representa o modo de transportes.

## FERRAMENTAS DO PROGRAMA



Apresenta os dados da rede no arquivo para importação pelo Emme-2 – Figura 5



Aumenta o tamanho dos pontos para melhor visualização.



Visualizar os dados no arquivo de arcos



Visualizar os dados no arquivo de nós



Executa um programa que salva no arquivo “Auto\_311.in” os dados de uma matriz O-D formatado para o programa Emme-2

```

t nodes init
a* i=1 xi=293 yi=268
a* i=2 xi=542 yi=235
a* i=3 xi=448 yi=121
a* i=4 xi=455 yi=352
t links init
a= i=1 j=8 len=121.915 mod=oc typ=2 lan=0.1 vdf=1
a= i=8 j=4 len=107.809 mod=oc typ=2 lan=0.1 vdf=1
a= i=1 j=7 len=65.0031 mod=oc typ=2 lan=0.1 vdf=1
a= i=3 j=8 len=272.312 mod=oc typ=2 lan=0.1 vdf=1
    
```

FIGURA 5 – Arquivo de rede gerado para ser importado pelo programa EMME-2

O formato de entrada de dados da matriz do EMME2 é o seguinte:

<origem> <destino 1>:valor <destino 2>:valor <destino 3>:valor <destino 4>:valor, para cada origem determinam-se os vários destinos, seguidos de “:” e do valor correspondente.

Ao iniciar a criação de um novo projeto usando a macro “EMME2\_2000.dvb”, é importante verificar na pasta <C:\EMME2\_2000> se os arquivos de coordenadas de pontos e linhas estão

```
t matrices init
a matrix=mf07 name=total default=0 descr=Matriz O/D
column=y
1 1:1 2:1 3:0 4:0 5:1 6:0 7:0 8:0
1 9:0 10:0
2 1:16 2:84 3:5 4:0 5:5 6:3 7:6 8:16
2 9:23 10:0
3 1:11 2:12 3:14 4:6 5:5 6:2 7:2 8:0
3 9:2 10:0
4 1:16 2:8 3:3 4:27 5:31 6:11 7:6 8:8
4 9:3 10:0
```

TABELA 1 – Arquivo com dados da matriz O-D reconhecido pelo programa Emme-2

presentes. Para cada rede gerada o programa criará um arquivo de coordenadas de pontos “<nomedoarquivo.dwg>pontos\_coord.in” e um arquivo de coordenadas de linhas “<nomedoarquivo.dwg>linhas\_coord.in”. Esses arquivos estão relacionados com a rede criada e neles estarão armazenadas as informações dos nós e dos arcos, que serão as informações utilizadas para gerar os arquivos reconhecidos pelo programa Emme-2.

#### 4. ESTUDO DE CASO

Para validação do procedimento descrito acima será criado uma rede contendo pouco mais de 10 nós interligados, constituindo uma sub-rede da rede viária principal de Uberlândia (MG), conforme apresentado na Figura 6. Em seguida será realizado o procedimento de alocação da matriz O-D com base em 10 zonas de origens e destinos apresentados na Tabela 2.

Com a rede gerada, clicando no botão correspondente, gera-se o arquivo **Auto\_211.in** em formato texto, conforme o formato do programa Emme-2. O passo seguinte é gerar o arquivo **Auto\_311.in** contendo os dados da matriz O-D e, para isto, basta clicar no botão próprio da tela da macro. Após estes procedimentos, os arquivos devem ser transferidos para uma pasta no programa Emme-2 para ser trabalhado gerando, inicialmente, um cenário (módulo 2.11) e criando interativamente os modos de transporte público (módulo 2.01).

Em seguida, com a rede já reconhecida pelo programa Emme-2 pode-se efetuar o procedimento de atribuição dos fluxos (módulo 5.11 e 5.31) da matriz O-D especificando as opções que são solicitadas. Para visualização dos procedimentos realizados basta acessar o módulo 6.22 com a opção **transit and auxiliary transit volumes**.

TABELA 2 – Matriz O-D

Centroide	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
2	16	84	5	0	5	3	6	16	23	0
3	11	12	14	6	5	2	2	0	2	0
4	16	8	3	27	31	11	6	8	3	0
5	1	1	0	0	6	2	0	0	0	0
6	89	64	4	27	28	232	91	25	33	0
7	38	16	5	3	8	10	44	13	0	6
8	19	8	4	0	4	0	11	41	15	0
9	17	7	3	3	3	3	14	3	39	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

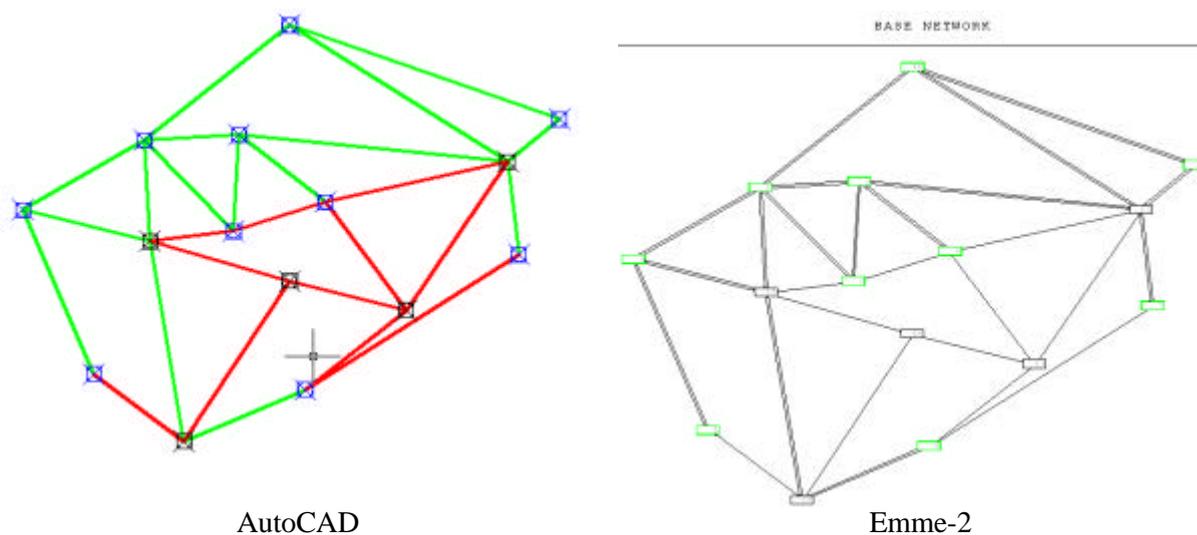


FIGURA 6 – Rede principal de transportes criada pela macro

Os fluxos são alocados na rede com base nos valores da matriz O-D, segundo os caminhos mínimos entre os nós de origem e de destino. O resultado está apresentado na Figura 7, com os valores em escala mostrando os carregamentos nos arcos. Assim, com os trechos críticos desta rede identificados pode ser realizado o dimensionamento mais adequados dos sistemas de transportes.

Os arquivos de rede gerados para e pelo programa Emme-2 são arquivos em formato texto e podem ser importados pelo programa TransCAD. Os dados da matriz O-D também podem ser importados no arquivo de dados (*dataview*) para utilização nos procedimentos de alocação de tráfego semelhantes aos realizados no programa Emme-2.

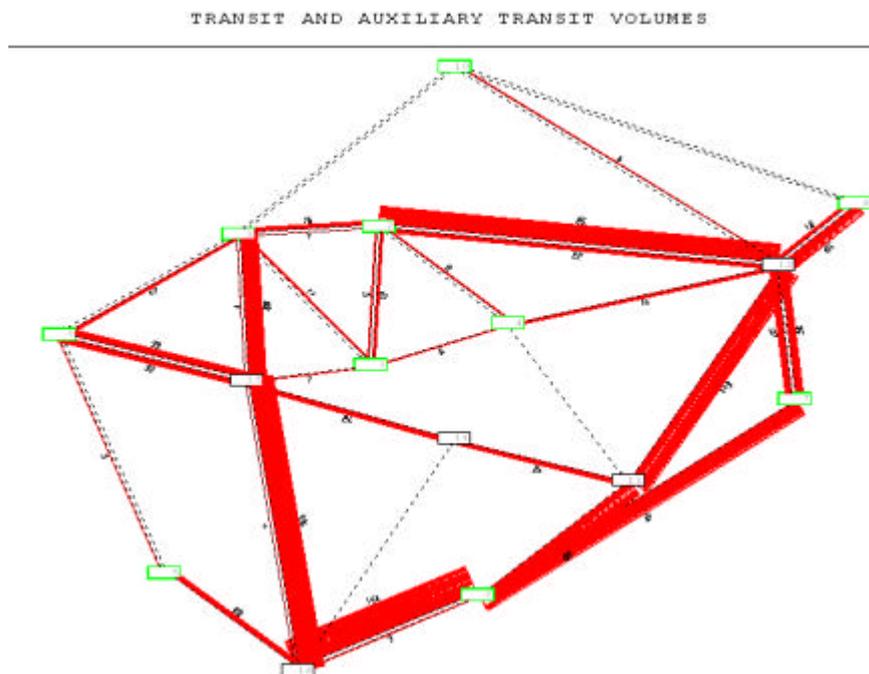


FIGURA 7 – Fluxos da matriz O-D alocados na rede pelo critério de caminhos mínimos

## 5. CONCLUSÕES

O programa desenvolvido mostrou ser eficaz para o propósito mencionado inicialmente de geração da rede viária de uma área urbana e da alocação dos fluxos de uma matriz O-D. A vantagem de gerar a rede utilizando a macro “Criando Redes” facilita este procedimento porque como tela de fundo no programa AutoCAD, pode ser colocado um mapa da área em estudo e rapidamente identificar os nós e arcos compondo a rede viária.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CALIPER CORPORATION. *Travel Demand Modeling with TransCAD 4.5*. Newton (MA). 2002.
- [2] C. A. FARIA *Effects on Integrated Transportation System*. In: the city response to the new demands for mobility – INTA. Paris. CD ROM, (2001).

- [3] L. R. FORD e D. R. FULKERSON, *Flows in Newoks*. Princenton University Press. Princenton. New Jersey, (1962).
- [4] B. G. HUTCHINSON, *Princípios de Planejamento dos Sistemas de Transportes Urbano*, Guanabara Dois. Rio de Janeiro, (1979).
- [5] A. G. N. NOVAES, *Métodos de Otimização –aplicações aos transportes*. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, (1978).
- [6] J. D. ORTÚZAR e L. G. WILLUMSEN, *Modelling Transport*, John Wiley & Sons, (1990).