

Proposta de um Modelo Funcional de Redes do Transporte Rodoviário Federal

Claudia Durand Alves ¹
Milton Sampaio Castro de Oliveira ¹
Pastor Willy Gonzales Taco ²

¹ Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
SAN Q.03 Bl. A – Ed. Núcleo dos Transportes - CEP: 70.040-902 - Brasília/DF
{claudia.durand, milton.oliveira}@dnit.gov.br

² Univerisdade de Brasília-UNB/PPGT
Anexo SG-12, 1º andar UNB - Asa Norte - CEP : 70910-900 - Brasília/DF
pwgtaco@gmail.com

Abstract: A importância da etapa do planejamento para o sistema de transportes se dá em todas as fases do processo: no planejamento de uma nova implantação, na manutenção do sistema, na verificação e adequação de suas atribuições e funcionalidades, no seu desempenho e integração com outros sistemas e até mesmo em outras áreas de conhecimento, como na análise do comportamento de deslocamento humano. Os dados de contagem são fundamentais neste processo e deixaram de ser realizados por mais de uma década no Brasil. Com a retomada do Plano Nacional de Contagem de Tráfego(PNCT) em 2012 novas possibilidades surgiram para o planejamento em transportes. Neste sentido este trabalho se constitui como uma primeira abordagem, utilizando os dados preliminares do PNCT, a fim de desenvolver e implementar um modelo funcional no sistema rodoviário federal brasileiro. A análise dos dados tem como foco o transporte de cargas e o transporte coletivo de passageiros a fim de verificar, por meio dos dados de contagem e pesquisas origem-destino, se a funcionalidade atual das rodovias atende as suas características de planejamento. Por meio destas análises será possível propor alterações e adequações na rede rodoviária federal a fim de possibilitar um melhor desempenho do sistema de transportes, inclusive na integração e estímulo da ampliação dos demais modais.

Keywords: planejamento em transportes, sistema de transporte rodoviário, modelo funcional, sistema de informações geográficas.

1. Introdução

Os sistemas de transportes devem garantir a mobilidade humana, seja na escala urbana, regional ou nacional. Vasconcellos (2009) define que a equidade no processo de mobilidade diz respeito à definição de políticas de transporte e trânsito que visam garantir a apropriação equitativa do espaço, sob os pontos de vista da acessibilidade, segurança e qualidade ambiental.

O planejamento é uma etapa fundamental na definição das políticas de transporte e trânsito e a modelagem é uma ferramenta importante neste processo, uma vez que permite um ganho em relação às análises de situações passadas, atuais e futuras, com a simulação de cenários. Usualmente no Brasil o processo de planejamento tem menor importância quando comparado ao de execução. Podemos comparar o percentual de investimento realizado na China, onde se planeja 80% e se executa 20% dos recursos, com o Brasil, onde se planeja 20% e se executa 80% dos recursos dos projetos (TACO, 2006). Este balanço no investimento pode explicar as falhas e insucessos dos projetos brasileiros realizados por meio de soluções pré-concebidas, adaptadas de realidades diferentes; pela carência de novas abordagens; pela necessidade de nova formulação no processo de planejamento dos sistemas de transportes.

As dimensões nacionais associadas à prevalência do modal rodoviário trazem uma participação bastante significativa do setor de transportes na economia brasileira. Considerando uma malha rodoviária com 1.713.885 km de extensão, sendo 203 mil quilômetros (12%) de rodovias pavimentadas e, dentre estas, 65.000 km (32%) de rodovias federais, pode-se ter uma dimensão dos desafios de se planejar e manter esta infraestrutura (CNT, 2013).

A participação do setor de transportes na economia brasileira (Figura 1) não se restringe aos fatores diretos, como transporte de carga e passageiros, mas influencia outros setores da economia nacional, como a saúde por exemplo. Estima-se que os acidentes de trânsito no Brasil são o segundo maior problema de saúde pública, sendo 62% dos leitos de traumatologia dos hospitais ocupados por acidentados no trânsito, o que leva ao número de mortes por quilômetro nas estradas brasileiras ser de 10 a 70 vezes superior ao dos países desenvolvidos (CNT, 2014).

Valor adicionado pelo setor de transportes no PIB (%)	4,4%¹
Valor adicionado pelo setor de transportes no PIB (R\$)	R\$ 42 bilhões¹
Empregos diretos gerados	1,2 milhões²
Total de carga movimentada por ano (em TKU)	746 bilhões³

¹ Fonte: Balanço Energético Nacional - 2000/MME (dados de 1999) e IBGE

² Fonte: Pesquisa Anual de Serviços – IBGE (dados de 1999)

³ Fonte: Anuário Estatístico 2001– Geipot (dados do ano 2000)

Figura 1 – Participação do setor de transportes na economia brasileira.

Ao se comparar a produtividade do transporte de carga no Brasil, medida a partir da quantidade de toneladas por quilômetro útil produzida por mão-de-obra empregada no setor, ela é de apenas 22% daquela apresentada no sistema norte-americano. O consumo de energia no setor de transportes brasileiro é significativamente superior: para cada dólar gerado no PIB é gasto cerca de 84.000 BTUs no setor de transporte (nos Estados Unidos é de 65.000 BTUs) (CNT, 2014).

Em relação ao transporte rodoviário de passageiros, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), órgão responsável pela outorga e fiscalização das autorizações deste serviço, estima uma movimentação superior a 140 milhões de usuários por ano. Em termos financeiros, sua participação na economia brasileira é expressiva, assumindo um faturamento estimado anualmente em mais de R\$ 3 bilhões (ANTT, 2008). Este tipo de transporte representa mais de 90% dos deslocamentos no país, gerando mais de 70 mil empregos diretos e 500 mil indiretos (CNT, 2011).

Assim, diante dos problemas, desafios e necessidades de planejamento o objetivo principal deste trabalho é subsidiar o planejamento do sistema de transporte rodoviário federal por meio da utilização de um modelo funcional, utilizando os dados do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) e Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Outros objetivos específicos são:

- Fornecer um diagnóstico espacial a fim de subsidiar o planejamento do sistema de transporte rodoviário brasileiro;
- Permitir a verificação sistemática da funcionalidade projetada das rodovias federais a fim de criar mecanismos que permitam seu ajuste face a um desvio de função;
- Por meio das análises e cenários gerados no modelo, promover a conscientização da necessidade de um equilíbrio multimodal da matriz brasileira de transporte.

1.1. Planejamento e modelagem no sistema de transportes

Inúmeros são os trabalhos que destacam a importância da modelagem no planejamento para sistemas de transportes (MARHEIM, 1979; CÂMARA et al., 1994; ALBERT et al., 1999; PERL e Goetz, 2014). Kneib (2010) destaca que no âmbito do planejamento de transportes existe uma necessidade primordial de se conhecer o número de viagens geradas em uma determinada área de estudo, de forma a compatibilizar a oferta e a demanda por transportes nessa área, seja com relação aos serviços, seja com relação à infraestrutura.

O Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), por meio de uma base de dados georreferenciada contendo todos os principais dados do setor de transportes em todas as suas modalidades, marcou a retomada do planejamento no setor de transportes. Um de seus

objetivos foi alterar a distribuição modal do transporte de cargas, visando um equilíbrio entre o rodoviário, ferroviário e aquaviário a fim de reduzir os custos e aumentar a eficiência e o desempenho operacional do sistema de transporte de cargas brasileiro (PNLT, 2007).

O PNLT, por meio de abordagens sucessivas (macro regional, microrregional e setorial, corredores de transportes e sustentabilidade ambiental), dividiu o Brasil em Vetores logísticos homogêneos quanto à dinâmica socioeconômica com base em: produções; deslocamentos preponderantes nos acessos de mercados e exportações; interesses comuns da sociedade; patamares de capacidades tecnológicas e gerenciais; problemas e restrições comuns que podem convergir para a construção de um esforço conjunto de superação de entraves e desafios.

1.2. Sistema Nacional de Viação (SNV)

A primeira iniciativa, ainda que teórica, para a execução de uma política viária de integração nacional, foi o Plano Rebelo, de 1838, que planejou a construção de três estradas reais. Diversos planos sucederam a este, sempre com ênfase à navegação fluvial e linhas ferroviárias, até a proclamação da República, quando foi criado o Ministério da Indústria, Viação e Obras Públicas, que permitiu a estruturação administrativa em relação à infraestrutura de transportes.

Até o governo Washington Luís (1926 a 1930) predominou o modal ferroviário. Em 1934 foi realizado o primeiro plano multimodal do país, o Plano Geral Nacional de Viação (PGNV), mas este priorizava o modal rodoviário, dando sinais da futura preeminência deste modal sobre os demais (Ministérios dos Transportes, 2011).

O PNV foi instituído pela Lei 5.917, de 1973 (http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/pnv-lei-5.917/PNV_Lei%20no%205917%20de%2010%20setembro%20de%201973.pdf), revogada em 2011, com o objetivo de melhorar e modernizar o planejamento no sistema de transportes, sendo instituído o Sistema Nacional de Viação (SNV) por meio da Lei nº 12.379/2011 (<http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/pnv-lei-5.917/lei-12379-snv.pdf>).

O SNV é constituído pela infraestrutura física e operacional dos vários modos de transporte de pessoas e bens, sob jurisdição dos diferentes entes da Federação, sendo composto pelo Sistema Federal de Viação (SFV) e pelos Sistemas de Viação dos Estados, Distrito Federal e Municípios. Quanto aos modais o SNV contempla os subsistemas rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeroviário.

2. Metodologia e material

O modelo funcional foi selecionado por se adequar melhor à base de dados e aos padrões operacionais do sistema de transportes estudado neste trabalho. Este modelo faz parte de um processo que envolve os modelos de gestão e delegação e deve considerar três níveis de análise (TACO, 2006), conforme pode ser observado no modelo esquemático da Figura 2.

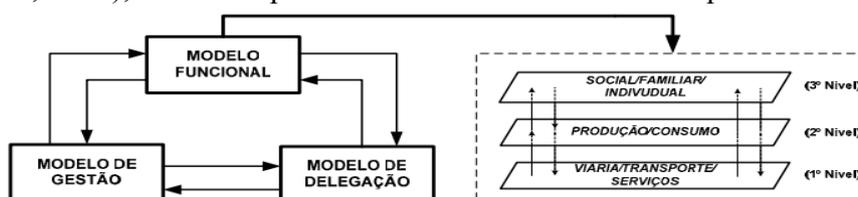


Figura 2 – Esquema de planejamento do modelo funcional. Fonte: Taco et al. (2006)

Como dados de entrada para o modelo funcional utilizou-se, além do banco de dados em SIG do DNIT, contendo os vetores que representam a malha viária das rodovias federais brasileiras associados ao SNV e demais dados geográficos pertinentes para a análise, os dados discriminados nos itens seguintes. Como limite foram utilizados os vetores leste e centro-sudeste do PNLT.

2.1. PNCT

O programa foi retomado em 2012 e tem como principais objetivos a caracterização do fluxo de veículos nas rodovias federais, identificando o comportamento do usuário e a elaboração de um modelo matemático de estimativa de Tráfego Médio Diário Anual.

Neste programa são gerados três tipos de dados provenientes de fontes diferentes, sendo: contagem permanente, contagem de cobertura e pesquisa origem-destino (OD). Para a cobertura total do país, o Brasil foi subdividido em quatro lotes (Figura 3a), no qual foram ou serão distribuídos 320 postos de coleta permanente (Figura 3b). Os dados gerados nestes postos contam e classificam os veículos em mais de cinquenta classes, indicando além do peso e peso por eixo, a velocidade na qual cada tipo de veículo trafegava ao passar pelo posto de coleta.

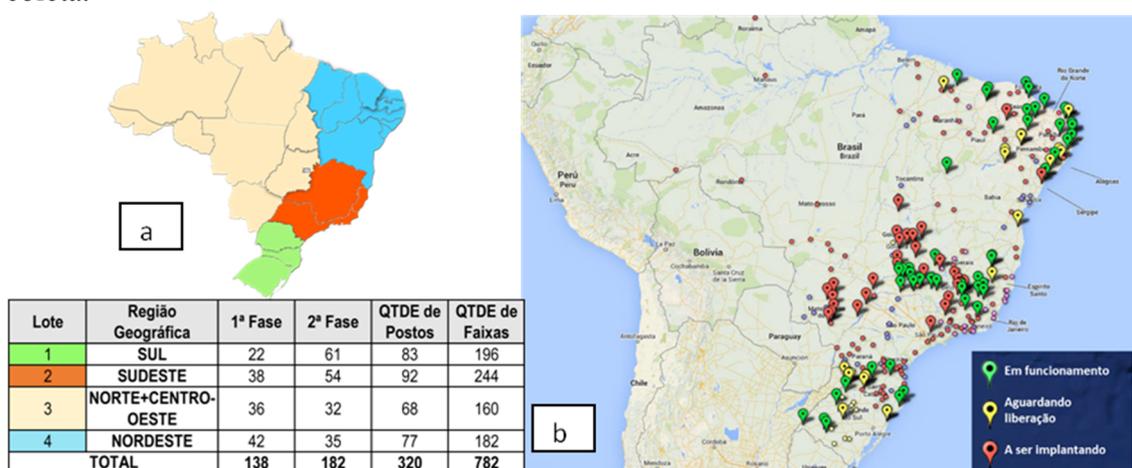


Figura 3 – Setorização do PNCT e número de postos de contagem permanente por lote (a) e distribuição destes postos de acordo com a situação atual (b).

A contagem de cobertura é feita por meio de um equipamento móvel durante o período de uma semana, que conta, afere a velocidade e classifica os veículos que passam por seus postos. Este tipo de equipamento pode ser instalado em locais da rodovia em que não foi prevista a contagem permanente ou ainda quando ocorre algum problema com o equipamento fixo. Está previsto o monitoramento de 288 faixas de tráfego por meio deste tipo de contagem.

A pesquisa OD será feita em parceria com o exército brasileiro e terá 300 pontos de contagem divididos em quatro campanhas. Serão levantadas informações relativas ao motivo da viagem, frequência, além de informações socioeconômicas e tipo de carga transportada.

2.2. Regiões de Influências das Cidades REGIC

Em 1966 o IBGE dividiu o país em regiões funcionais urbanas com o objetivo de modelar os relacionamentos entre as cidades brasileiras com base na análise dos fluxos de bens e serviços. Em 1978 e 1993 foram feitos novos levantamentos de campo que deram origem aos estudos da Regiões de Influência das Cidades (REGIC), permitindo a compreensão das formas de organização espacial da sociedade ao longo do tempo. Em 2007 foi realizada a atualização do REGIC, na qual foi definida a hierarquia dos centros urbanos e delimitadas as regiões de influência associada a partir dos aspectos de gestão federal e empresarial e da dotação de equipamentos e serviços. Esta atualização teve como principal objetivo identificar os pontos do território a partir dos quais são emitidas decisões e é exercido o comando em uma rede de cidades (IBGE, 2008).

Neste trabalho foram utilizados os dados do REGIC relativos à hierarquia urbana das cidades e os vetores de influência das capitais, além dos vetores de ligação, classificados em

quatro ordens de ligações, como dado de validação das ligações a serem obtidas neste trabalho.

3. Resultados Preliminares

Devido à disponibilidade parcial dos dados necessários a este trabalho até esta data, são apresentados nesta seção os elementos levantados e analisados e aqueles somente identificados para a elaboração do modelo funcional de transportes.

Seguindo as etapas para a definição e aplicação de um modelo funcional, obteve-se um levantamento e identificação dos problemas do sistema de transporte rodoviário formalizado em um diagrama de Ishikawa (Figura 4).

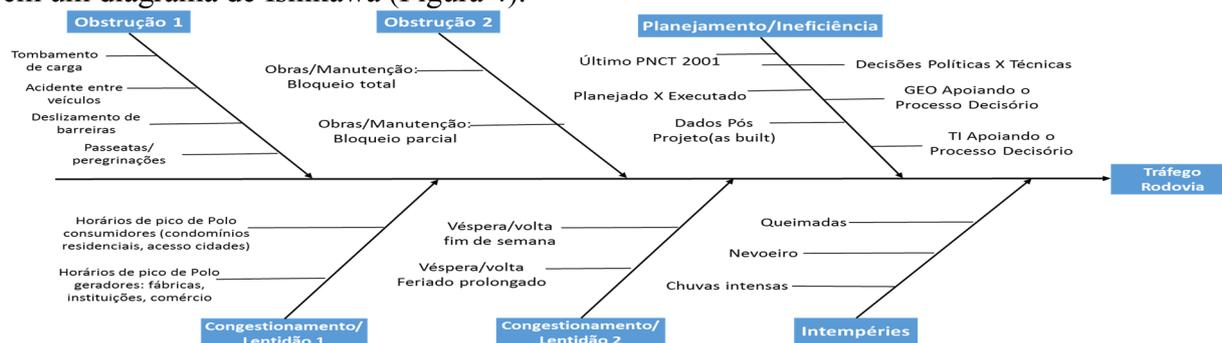


Figura 4 – Diagrama de Ishikawa para o sistema rodoviário federal brasileiro.

Os dados relativos à identificação espacial dos pontos de articulação e conexão do sistema de transporte serão obtidos por meio da pesquisa OD, podendo ser de confluência ou dispersão. Por meio destes dados será possível analisar em conjunto às características da rede de transportes, o espaço geográfico, o uso do solo e as demandas de viagens de passageiros e transporte de cargas. A identificação destes pontos de articulação na rede rodoviária é fundamental, pois em um momento futuro eles podem se tornar novos Polos de Desenvolvimento, gerando ou consumindo viagens (NIGRIELLO et al, 2002).

A etapa de identificação dos eixos estruturais do sistema de transporte rodoviário será feita a partir da classificação funcional da via, que inclui o tipo de serviço que a via proporciona aos usuários e seu desempenho para a finalidade do deslocamento. Esta classificação identifica o tipo de serviço oferecido por uma rodovia determinado por meio das funções básicas de mobilidade e de acessibilidade. As Rodovias Federais são, na maioria dos casos, vias arteriais, que proporcionam alto nível de mobilidade para grandes volumes de tráfego, visando atender principalmente ao tráfego de longa distância, internacional ou interestadual. Segundo Teixeira (TEIXEIRA, 2013) os eixos de estruturais possuem papel fundamental nas redes, uma vez que concentram grandes volumes de demanda e articulam ligações entre as diversas linhas.

As rodovias são classificadas em seis classes funcionais (DNIT, 2010), sendo as vias da classe 0 e I-A consideradas expressas e com alto volume de tráfego (volume médio diário acima de 9000), diferenciando-se entre elas pela existência de acessos e do nível de serviço apresentado. As rodovias classe I-B diferenciam-se da classe I-A pelo VMD (entre 300 e 9000) e por apresentarem pista simples. As rodovias de classe II apresentam VMD entre 1500 e 3000. São estas as principais classes encontradas nas rodovias federais.

Por meio da delimitação da área de estudo referente a dois vetores do PNLT, obteve-se os dados de contagem permanente de 14 pontos de coleta (Figura 5).

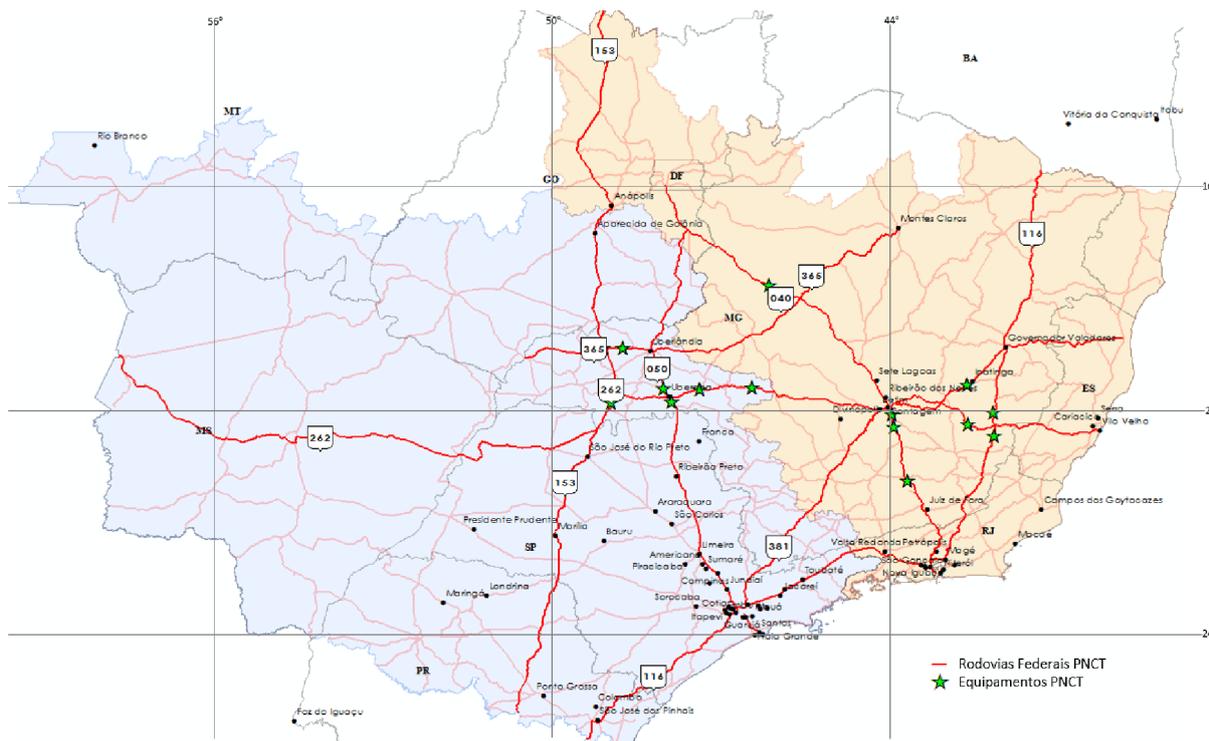


Figura 5 – Pontos de coleta do PNCT utilizados delimitados nos vetores leste e centro-sudeste do PNLT.

Na etapa de análise dos dados preliminares do PNCT, relativos ao VMD, optou-se por verificar os valores relacionados ao transporte de carga e transporte de passageiros por ônibus de maneira isolada, para depois compará-los ao VMD total. A partir da análise do VMD de carga transportada obteve-se a distribuição espacial dos pontos de maior fluxo (Figura 6). Por meio da classificação destes pontos, associados à pesquisa OD e demais dados de infraestrutura, será possível identificar os fluxos de carga - classificando-os quanto ao produto transportado - e sua influência na rede viária, por meio de simulações de novos pontos de descarga e alterações de rotas.

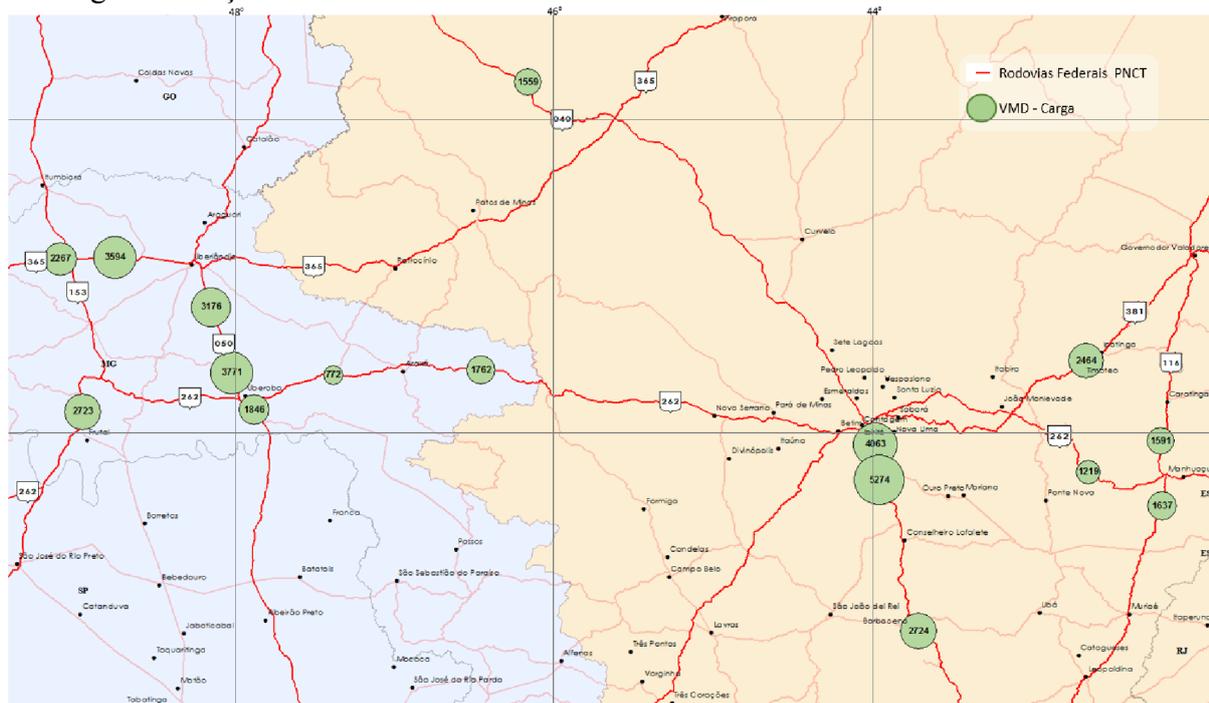


Figura 6 – Distribuição do VMD de carga nas rodovias federais contempladas com postos de coleta do PNCT.

Na análise dos dados relacionados exclusivamente ao transporte coletivo de passageiros (ônibus), obteve-se uma distribuição similar ao transporte de cargas (Figura 6) em relação aos trechos das vias de maior fluxo, destacando-se entre eles: o trecho da BR040 ao sul de Betim; o “quadrado” formado pelas BR153, BR050, BR 262 e BR365, próximo à Uberlândia; e o “triângulo” formado pelas BR’s 381, 116 e 262, ao sul de Governador Valadares. A semelhança se restringe à distribuição espacial, pois em números absolutos o VMD de ônibus é bastante inferior (Figura 7).

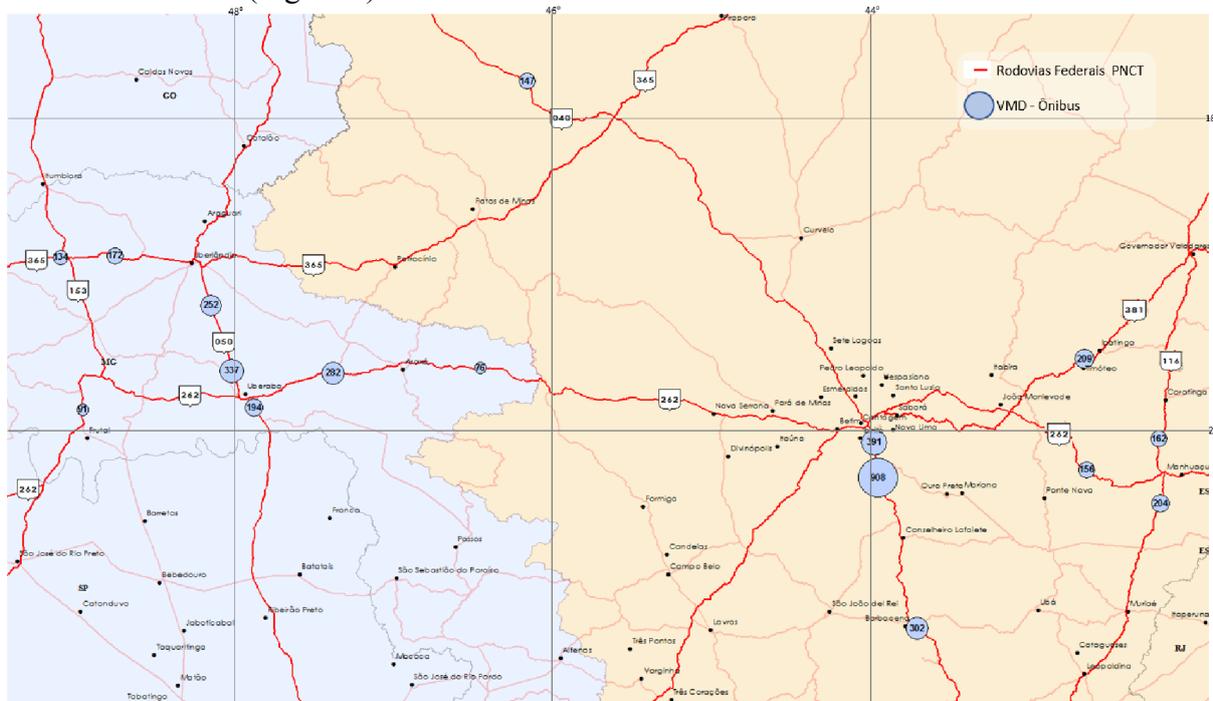


Figura 7 – Distribuição do VMD de transporte coletivo de passageiros por ônibus nas rodovias federais contempladas com postos de coleta do PNCT.

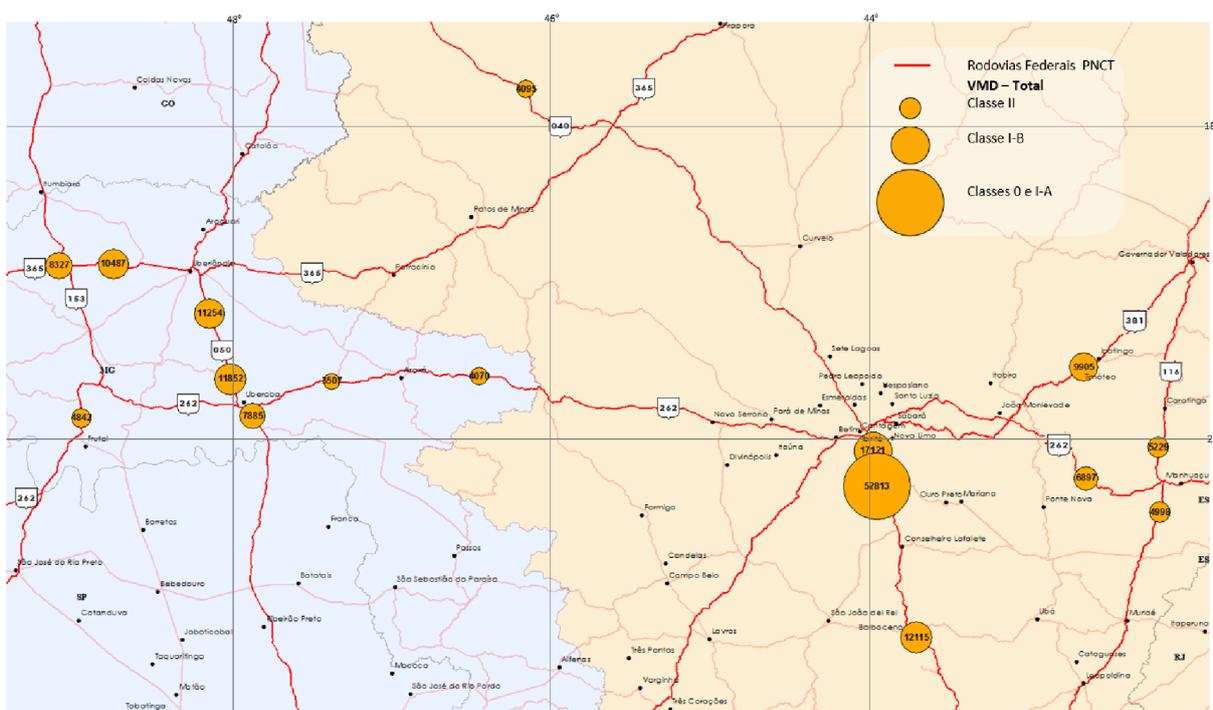


Figura 8 – Distribuição do VMD total nas rodovias federais contempladas com postos de coleta do PNCT.

Ao se especializar o VMD total (Figura 8), que inclui, além das duas categorias apresentadas, os carros de passeio, as motos e a classe outros, que abrange os veículos que não puderam ser identificados, observa-se o mesmo padrão de concentração nos trechos citados, sendo o principal deles o trecho da BR 040 ao sul de Betim.

Por meio da análise espacial do VMD total (Figura 8), associado aos polos geradores de desenvolvimento (alimentadores de fluxo e recebedores), será possível executar a próxima etapa deste trabalho, que consiste em avaliar a atual situação das rodovias consideradas em função da classificação funcional projetada para cada uma delas.

4. Conclusões

Com base nas projeções dos volumes de tráfego é possível determinar: o tipo e o padrão da obra viária (Classe I, II, III, IV); o número de faixas exigidas para a via (inclusive ramos laterais e necessidade de terceiras faixas ascendentes); o número de operações do eixo padrão, o número N (pavimentos flexíveis ou semi-rígidos), ou a determinação do número de repetições por tipo de eixo, por tipo de intervalo de carga; a configuração das interseções e trevos.

Este estudo indica, em seus resultados preliminares, como a contagem de tráfego pode contribuir de forma significativa para o processo de planejamento de rodovias, o que pode significar um projeto de uma nova rodovia ou a constante avaliação do sistema de transportes brasileiro, necessária devido à sua natureza dinâmica.

5. Referências

- ALBERT, R. JEONG, H., BARABASI, A-L. **Error and attack tolerance in complex networks**. Nature, p. 401-130, 1999.
- ANTP. **Relatório geral de mobilidade urbana**. Associação Nacional de Transportes Públicos, São Paulo, 2005.
- Agência Nacional de Transportes Terrestres-ANTT. **Passageiros transportados nos serviços regulares e nos serviços fretados. Anuário Estatístico**, 2008.
- CAMARA, G., FREITAS, U., SOUZA, R., CASANOVA, M., HEMERLY, A., MEDEIROS, C. A model to cultivate objects and manipulate fields. In: 2ND ACM WORKSHOP ON ADVANCES IN GIS, **Proceedings...**p.20-28, 1994.
- CNT – Confederação Nacional de Transportes. **Pesquisa CNT de Rodovias**, 2014. Disponível em < <http://www.cnt.org.br/Paginas/index.aspx>>. Acesso em 20 de setembro de 2014.
- CNT – Confederação Nacional de Transportes. **Pesquisa CNT de Rodovias**, 2011. Disponível em < <http://www.cnt.org.br/Paginas/index.aspx>>. Acesso em 20 de setembro de 2014.
- DNIT-Departamento Nacional de Infraestruturas Rodoviárias. **Manual de Implantação Básica de Rodovia**. IPR, Rio de Janeiro, 2010.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Regiões de Influências das Cidades 2007, 2008. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/regic.shtm>>. Acesso em 15 de agosto de 2014.
- KNEIB, E. C. Análise da relação entre polos geradores de viagens e oferta de transporte coletivo. **Anais...** Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS) 4, Universidade do Algarve, Faro, Portugal, 2010.
- MANHEIM, M. L. The demand for transportation. In: **Fundamentals of transportation system analysis**. The MIT Press, pp. 58-90, Massachusetts, 1979.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Planos de Viação-Evolução Histórica**; Breve Histórico Sobre a Evolução do Planejamento Nacional de Transportes, 2011. Disponível em <<http://www.transportes.gov.br/conteudo/60924>>. Acesso em 15 de outubro de 2014.
- PERL, A.D., GOETZ, A.R. Corridors, hybrids and networks: three global development strategies for high speed rail. **Journal of Transport Geography**, in press, 2014.
- PNLT. **Relatório Executivo** 2007. Disponível:<<http://transportes.gov.br/index/conteudo/id/3280>>.
- TACO, P. W. G., TEDESCO, G. M. T, GUERRA, H. O., TEIXEIRA, G. L., SHIMOISHI, J. M., ORRICO FILHO, R. D. Reestruturação do Transporte Coletivo Urbano por Ônibus: um Modelo Funcional. **Anais...**: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes 20, vol. 1, 2006.
- TEIXEIRA, L. M. A. **Eixos estruturantes em um sistema intermunicipal de passageiros**. Centro Interdisciplinar de Estudos em Transportes – Ceftru, 2013.
- VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas**. 4. ed. São Paulo: Annablume, 2009.