

GERAÇÃO DA MATRIZ ORIGEM-DESTINO PARA O TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA USANDO O MANIFESTO DE DOCUMENTOS ELETRONICOS FISCAIS

Nilo Flávio Rosa Campos Júnior

Alan Ricardo da Silva

Programa de Pós Graduação em Transportes - Universidade de Brasília

RESUMO

A estimação de matrizes de Origem-Destino (O-D) foi feita nos últimos anos a partir de pesquisas amostrais. Isso se deve à dificuldade, e em alguns casos pela indisponibilidade de dados fidedignos para sua construção. O objetivo desse trabalho é mostrar que é possível construir uma matriz O-D real para o transporte rodoviário de carga, utilizando os dados do Manifesto de Documentos Fiscais eletrônicos (MDF-e). Assim, é possível compará-la com uma matriz O-D estimada por pesquisas amostrais, no caso, a gerada pela Pesquisa Nacional de Tráfego do DNIT em 2017, e então verificar as magnitudes das diferenças encontradas. Os resultados mostraram que existem diferenças consideráveis entre as duas matrizes.

ABSTRACT

The estimation of origin-destination (O-D) matrices has been made in the last years from sample surveys. This is due to difficulty, and in some cases due to the unavailability of reliable data for its construction. The main purpose of this paper is to show that it is possible to construct a real O-D matrix for the road freight transport, using the data from the Manifesto de Documentos Fiscais eletrônicos (MDF-e). Thus, it is possible to compare it with an O-D matrix estimated by sample surveys, in this case, the one generated by the National Traffic survey in 2017, DNIT, and then check the magnitudes of the differences. The results showed that there are considerable differences between the two matrices.

Palavras Chave: matriz origem-destino; pesquisa O-D; manifesto de documentos fiscais eletrônicos;

1. INTRODUÇÃO

A previsão de demanda é uma etapa fundamental no planejamento de transportes, sendo que os modelos usados para obter essa previsão, podem ser agrupados conforme a sua estrutura. A modelagem sequencial da demanda é muito usada e é feita através de uma decomposição das decisões de viagens do viajante em diversos estágios, sendo que em cada estágio se estabelecem submodelos. Dentre esses submodelos, tem-se os modelos para estimar uma matriz de Origem-Destino (O-D) de viagens (Flemming, 1993). Li *et al.* (2017) comentam que muitos modelos e métodos foram propostos para estimar e prever as informações de uma matriz O-D, sendo que estes modelos podem ser classificados em duas categorias: modelos estáticos e modelos dinâmicos de previsão.

Já as informações de demanda de tráfego na rede rodoviária federal foram dispersas até o ano de 2012, pois as mesmas vinham de diversos estudos e levantamento de projetos, contratados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT e muitas eram de pequenos espaços amostrais sem a sazonalidade necessária. No ano de 2014, foram retomadas as contagens permanentes nas rodovias federais por meio do Plano Nacional de Contagem de Tráfego – PNCT, programa de contagem permanente nas rodovias federais, onde em 320 locais, distribuídos em todos os estados do Brasil são levantadas diariamente informações sobre tráfego, classificação e pesagem dinâmica (DNIT, 2019).

Por outro lado, o banco nacional de dados das notas fiscais eletrônicas, implantado pelo projeto Sistema Público de Escrituração Digital – SPED, guarda um enorme e rico acervo de informações para uso no planejamento de transportes de carga, como os registros de origem,

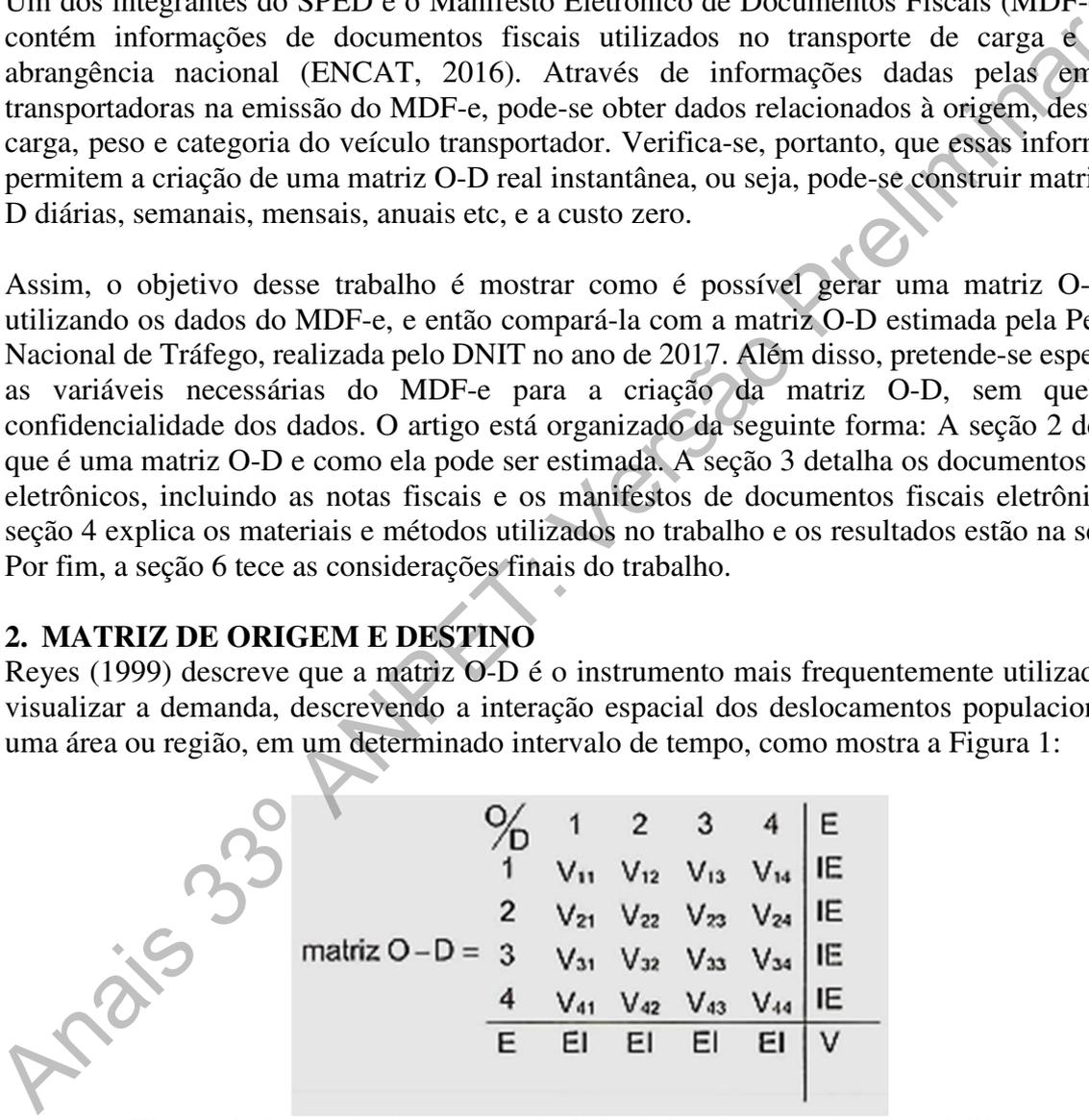
destino das mercadorias, data, tipos de carga, classificação veicular entre outros (ENCAT, 2016). Alguns autores comentaram sobre as possibilidades de uso dessa fonte de dados no planejamento de transportes, como Santos (2015), que mostrou de que forma os documentos fiscais eletrônicos poderiam ser utilizados para o planejamento do transporte urbano de carga, e Tavasszy e De Jong (2014) que analisaram como as fontes de dados nos mais diversos níveis, internacional, por país ou regional, podem ser utilizadas para estudos sobre o transporte de cargas, citando inclusive os modelos mais adequados para utilização de cada tipo de dado.

Um dos integrantes do SPED é o Manifesto Eletrônico de Documentos Fiscais (MDF-e), que contém informações de documentos fiscais utilizados no transporte de carga e possui abrangência nacional (ENCAT, 2016). Através de informações dadas pelas empresas transportadoras na emissão do MDF-e, pode-se obter dados relacionados à origem, destino da carga, peso e categoria do veículo transportador. Verifica-se, portanto, que essas informações permitem a criação de uma matriz O-D real instantânea, ou seja, pode-se construir matrizes O-D diárias, semanais, mensais, anuais etc, e a custo zero.

Assim, o objetivo desse trabalho é mostrar como é possível gerar uma matriz O-D real utilizando os dados do MDF-e, e então compará-la com a matriz O-D estimada pela Pesquisa Nacional de Tráfego, realizada pelo DNIT no ano de 2017. Além disso, pretende-se especificar as variáveis necessárias do MDF-e para a criação da matriz O-D, sem quebrar a confidencialidade dos dados. O artigo está organizado da seguinte forma: A seção 2 define o que é uma matriz O-D e como ela pode ser estimada. A seção 3 detalha os documentos fiscais eletrônicos, incluindo as notas fiscais e os manifestos de documentos fiscais eletrônicos. A seção 4 explica os materiais e métodos utilizados no trabalho e os resultados estão na seção 5. Por fim, a seção 6 tece as considerações finais do trabalho.

2. MATRIZ DE ORIGEM E DESTINO

Reyes (1999) descreve que a matriz O-D é o instrumento mais frequentemente utilizado para visualizar a demanda, descrevendo a interação espacial dos deslocamentos populacionais de uma área ou região, em um determinado intervalo de tempo, como mostra a Figura 1:



O/D	1	2	3	4	E
1	V_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}	IE
2	V_{21}	V_{22}	V_{23}	V_{24}	IE
3	V_{31}	V_{32}	V_{33}	V_{34}	IE
4	V_{41}	V_{42}	V_{43}	V_{44}	IE
E	EI	EI	EI	EI	V

Figura 1: Exemplo de uma matriz O-D obtida das pesquisas domiciliares.

Fonte: Reyes (1999)

Em uma zona de estudo quatro tipos de viagens podem ser identificados: as internas (V_{ij}), as internas-externas (IE), as externas-internas (EI) e as externas-externas (EE). As definidas como V_{ij} , são viagens que tem ambos, origem-destino, inseridas na área de estudo que é limitada pela pesquisa de linha de contorno, estando divididas em interzonais (V_{ij}) com i , sendo diferente de j , e intrazonais, que tem origem-destino dentro da mesma zona. As IE são as viagens que têm origem dentro da área de estudo e destino externo à área de estudo e EI as que têm origem fora

da área de estudo e destino dentro da área de estudo. Por fim, as EE são as que passam pela área de estudo, sendo que não tem origem nem destino nesta área, e V é a totalização do número de viagens da matriz.

As demandas veiculares podem ser estimadas de forma geral, com a utilização de modelos que derivam de duas correntes: uma partindo do total de viagens geradas em função das atividades dos ocupantes de uma região, e outra partindo da contagem de fluxos em segmentos de via. O primeiro método é conhecido como tradicional ou de quatro etapas, demandando a realização de pesquisas origem-destino (O-D) por meio de entrevistas domiciliares ou em pontos de controle. O segundo método é considerado como o inverso ao método tradicional, tendo sido proposto nos anos de 1970 e sendo chamado de demandas sintéticas. Nesse processo, as demandas são estimadas a partir do fluxo de tráfego, divergindo do método tradicional que “estima” o fluxo a partir do conhecimento da demanda (Bertoncini, 2007).

Nas abordagens tradicionais, a estimação de demanda ocorre em função de um método que possui quatro etapas, a saber: geração de viagens, distribuição de viagens, divisão modal e alocação do tráfego, sendo necessário a aplicação de pesquisas do tipo origem-destino, levantando assim os dados necessários para a realização destas etapas (Bertoncini, 2007).

2.1. Método tradicional de quatro etapas

O chamado modelo de quatro etapas (ou do inglês *Four Step Model – FSM*), propõe que a região/área de estudo seja dividida em grupos (podendo ser zonas de tráfego) e estrutura o processo de transportes em quatro fases (Calixto, 2011). Segundo Bertoncini (2007), este método é o mais adequado para situações de planejamento ou projeto do sistema viário ainda inexistente, visto que nestas situações exige-se um detalhamento maior em função da própria falta de várias informações que devem ser adotadas ou extrapoladas partindo de tendências de crescimento populacional, a distribuição de atividades e mudanças nos padrões de atividade da população.

As quatro etapas deste processo de modelagem, segundo Calixto (2011) são: i) a geração de viagens, onde são definidos a quantidade de viagens produzidas e atraídas por cada zona; ii) a distribuição de viagens, por meio da qual os fluxos de viagens produzidos em cada zona i e atraído pela zona j são definidos; iii) a divisão modal, em que se define o percentual de viagens entre as zonas que deverá ser realizado através de cada modo de transporte, dentre os tipos disponíveis; e iv) a alocação de tráfego, etapa em que se deve definir quais as rotas ou caminhos nos quais alocar os fluxos entre cada par de zonas i e j , conforme a malha viária existente.

2.2. Métodos alternativos de estimação de matrizes O-D

Para Calixto (2011), os níveis de detalhamento adotados para a representação da zona de estudo pode ser maior ou menor, dependendo do interesse do estudo realizado e da precisão necessária, não havendo um padrão exato de determinação de tamanho e configuração ótimos de zonas para a modelagem de uma dada rede viária. Quanto maior o nível de detalhes, menor deve ser o tamanho das zonas, pois os sistemas de modelagem e simulação de transportes que fazem uso de matrizes O-D para uma rede viária tratam essencialmente dos fluxos interzonais. Esta determinação do tamanho das zonas e, por conseguinte do nível de detalhamento dos fluxos interzonais que se deseja representar, é o nível de agregação do modelo. Desta forma, ao se utilizar os métodos de alocação do tráfego, faz-se necessário que se tenha disponível uma ou mais matrizes O-D para a região estudada.

2.2.1. Modelos estatísticos para estimação da Matriz O-D

Os métodos estatísticos estão sendo estudados há diversos anos e são conceitualmente mais simples, pois os mesmos não consideram as possíveis influências da passagem do tempo no modelo estudado. Dentre os mais utilizados, destacam-se os modelos baseados na máxima verossimilhança, os baseados no método dos momentos e os modelos Bayesianos (Pitombeira Neto *et al.*, 2017).

2.2.2. Modelos gravitacionais

Para Willumsen (1981), os modelos gravitacionais são abordagens que preveem que a grande parte do comportamento de viagem na área de interesse pode ser explicada em termos de três tipos de fatores: Geração de viagem; Atração de viagem e Custo de viagem. Grande parte dos modelos desse grupo depende de uma quantidade limitada de informações (além das contagens de tráfego) para fornecer alguma estimativa desses três tipos de fatores.

2.2.3. Modelos baseados na maximização da entropia

A maximização da entropia baseia-se na minimização da diferença existente entre a matriz O-D estimada e a matriz “alvo”, acrescentando o mínimo de informação possível à matriz estimada no processo, de forma a atender às restrições relativas às contagens volumétricas existentes para os arcos (Calixto, 2011).

2.3. Matriz de carga

Para Gentile e Vigo (2013), a maioria dos modelos de demanda para cargas baseia-se na mesma abordagem sequencial de “quatro etapas”, utilizada para o transporte de passageiros. Por exemplo, a geração de demanda e atração de cada cadeia de suprimento é determinada inicialmente para cada zona de tráfego através de um modelo de regressão. Daí um modelo gravitacional é utilizado na distribuição para obter uma matriz O-D a ser atribuída na rede rodoviária, considerando as restrições de acesso, enquanto que a escolha do modo geralmente reduz o dimensionamento do veículo, que depende fortemente da cadeia de suprimentos. Willumsen e Ortúzar (2011) afirmam que na maioria dos modelos de demanda por carga as previsões aplicadas são do tipo agregadas, seguindo um modelo de quatro etapas, com adaptações específicas para carga. A Figura 2 mostra esse modelo descrito para o planejamento de transporte de cargas.

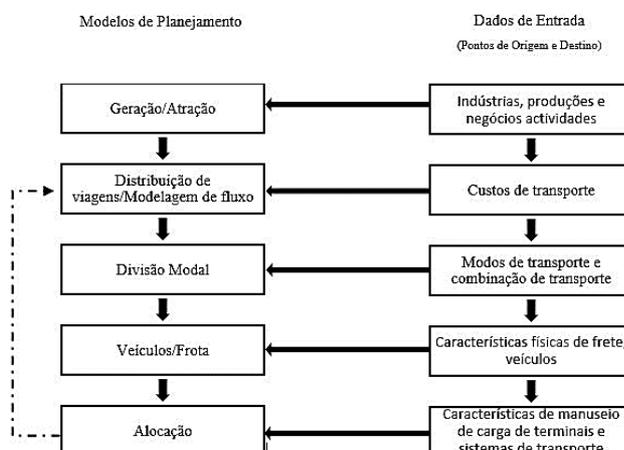


Figura 2: Modelo de planejamento de transporte de frete em várias etapas.

Fonte: Guler e Vitosoglu (2013) com adaptações

Ogden (1992) propôs modelos para gerenciar e controlar o transporte urbano de cargas, além de apresentar os primeiros resultados de estudos de casos em várias cidades do mundo, e identificar duas principais abordagens derivadas do modelo de quatro etapas, ao se modelar a demanda por viagens de carga: modelos baseados em mercadorias e modelos baseados em viagens.

- Modelos baseados em mercadorias – *Commodity-based models*

Para Ogden (1992), este modelo embasa-se no fato de que, uma vez que o sistema de frete relaciona-se com o movimento de mercadorias, o movimento destes deve ser modelado diretamente. O estado da arte se baseia numa abordagem de modelagem sequencial (geração, distribuição, divisão modal e alocação).

- Modelos baseados em viagens – *Truck trip-based models*

São modelos que estimam diretamente a “viagem de caminhão”, sendo identificado em três subcategorias: uma abordagem de modelagem sequencial, como similaridade às descritas acima para modelos baseados em mercadorias, e uma abordagem de “geração de tráfego de caminhões” que apenas estima o número de viagens de caminhão geradas em uma área (Abrahamsson, 1998). Basicamente é esse tipo de matriz O-D que será gerada pelo Manifesto Eletrônico de Documentos Fiscais (MDF-e), como será visto a seguir.

3. DOCUMENTOS FISCAIS ELETRÔNICOS – DF-e

Santos (2015) comenta que no Brasil existe um significativo *big data* de fluxo de mercadorias, pois praticamente todas as transações comerciais são, por lei, amparadas por documentos fiscais digitais estruturados de modo padronizado. Com o avanço computacional e a obrigatoriedade da emissão de documentos fiscais eletrônicos, este banco passou a ser cada vez mais dinâmico e confiável. Como resultado, na atualidade existem vários documentos em formato digital com registros de dados relacionados ao transporte de cargas, sendo os mais relevantes a Nota Fiscal eletrônica (NF-e) e o Manifesto Eletrônico de Documentos Fiscais (MDF-e).

3.1. Nota Fiscal Eletrônica

A Nota Fiscal eletrônica (NF-e) é o documento emitido e armazenado eletronicamente, existindo apenas no formato digital, com intuito de documentar operações e prestações, a qual a validade jurídica é garantida via assinatura digital do emitente. Foi criada para substituir a nota fiscal em papel (Oliveira, 2010). Santos (2015) comenta que as informações das NF-e's disponibilizam ricas informações para o planejamento de transporte de cargas, dentre as quais: a) informações sobre a localização da origem e destino de cada transação; b) descrição das mercadorias via Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM); c) tipo de operação fiscal por meio do código fiscal de operações e prestações; d) volume e peso das mercadorias relacionadas, que passado pelo correto tratamento fornecem uma base de informações considerável.

No entanto, sua utilização é muito limitada no que se refere à construção de uma matriz O-D do número de viagens de caminhões, uma vez que um mesmo caminhão pode transportar diversos produtos com diversas notas fiscais (carga fracionada). Dessa forma, o Manifesto Eletrônico de Documentos Fiscais (MDF-e) elimina essa problemática, uma vez que sua função é disponibilizar um documento fiscal a ser utilizado pelo transportador, contendo em geral a origem e o destino da mercadoria.

3.2. Manifesto Eletrônico de Documentos Fiscais

Segundo o ENCAT (2016) o Manifesto Eletrônico de Documentos Fiscais (MDF-e) é um documento emitido e armazenado eletronicamente, para vincular os documentos fiscais utilizados na operação e/ou prestação à unidade de carga utilizada no transporte. A emissão do MDF-e deve ser feita pelas empresas que prestam serviços de transporte, que tenham veículos próprios, arrendamento ou através da contratação de transportador autônomo de cargas.

O DAMDFE do MDF-e é uma representação gráfica em versão resumida do MDF-e, tendo sido criado para ser impresso em papel comum e para acompanhar o transporte de cargas, a fim de que o MDF-e possa ser acessado pela fiscalização de mercadorias em trânsito. O MDF-e possui tanto as informações das chaves para acesso as NF-e's, quanto as informações dos veículos que transportam as mercadorias que estão descritas nele, formando assim um vínculo entre documentos fiscais eletrônicos e o veículo de transporte. Dessa forma, se tornam dados relevantes para o planejamento de transporte de carga.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa seção serão apresentados os materiais e métodos a serem utilizados na pesquisa, a fim de alcançar os objetivos propostos. O *software* SAS 9.4 foi utilizado para a manipulação e análise dos dados.

4.1. Materiais

Basicamente os materiais do trabalho foram a Pesquisa Nacional de Tráfego (PNT) realizada pelo DNIT em 2017 e os dados da MDF-e para o mesmo período. A ideia é considerar a base de dados do MDF-e como real, e partir dela gerar a matriz O-D do número de viagens de caminhões.

4.1.1. Pesquisa Nacional de Tráfego 2016/2017 - PNT

A Pesquisa Nacional de Tráfego – PNT 2016/2017 foi definida no âmbito do plano de trabalho do termo de execução descentralizada nº 964/2014, firmado entre o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT e a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UFRJ. Foi realizada em 320 postos de coletas de informações em rodovias federais, distribuídos em todo território nacional (Figura 3), definidos por meio da utilização da técnica do Polígono de Thiessen. Para que se atingisse o total de 320 postos distintos, a pesquisa foi dividida em quatro etapas: sendo três pesquisas realizadas em 60 postos, e a pesquisa principal, realizada em 120 postos, realizada entre julho e novembro dos anos de 2016 e 2017.

Foram feitos dois tipos de pesquisa neste estudo, que compõem a pesquisa nacional de tráfego: a pesquisa de contagem volumétrica e classificatória (CVC) e a pesquisa de Origem-Destino (O-D) das viagens. A pesquisa de contagem volumétrica e classificatória será utilizada para calcular os pesos para a expansão da matriz O-D amostral. As entrevistas buscaram identificar, principalmente a origem e o destino, bem como a motivação das viagens, por intermédio de perguntas orais. As entrevistas com os usuários na via são um método simples, de forma rápida e eficiente, para obter a origem e o destino da viagem de cada veículo pesquisado (UFRJ, 2018). Essa base de dados é composta de diversos campos de identificação relativos aos itens questionados aos condutores, sendo do total, selecionados 7 campos conforme mostra a Tabela 1.

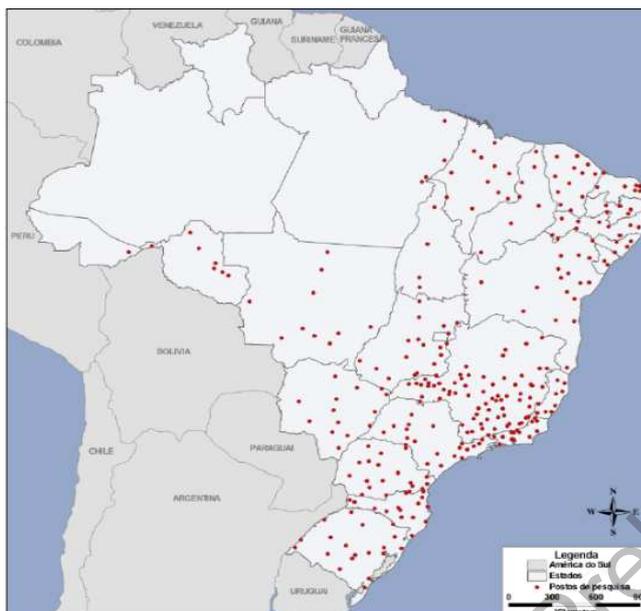


Figura 3: Locais de realização da PNT/2016-2017.

Fonte: UFRJ (2018)

Tabela 1: Campos selecionados da base de dados de entrevistas da 2ª fase da PNT 2017

Campo	Descrição
DataIniPesq	dia e horário do início da entrevista O-D
MOrigem	município de origem da viagem
MDestino	município de destino da viagem
Tipo	tipo do veículo entrevistado
Produto	produto transportado pelo veículo entrevistado (apenas para caminhão)

4.2. Base de dados do MDF-e

No MDF-e são identificados o veículo de transporte de cargas, bem como todos os documentos fiscais que compõem a carga, sendo de importância para fiscalização em postos de fronteira e auxiliando na conferência dos documentos fiscais eletrônicos. Por portar informações primordiais ao transporte de cargas, como origem, destino, tipo de produto, percurso e outras, o MDF-e torna-se fonte de base de dados para o desenvolvimento da pesquisa na área de planejamento de transporte.

As informações utilizadas para a pesquisa estão relacionadas aos dados dos campos assimilados da parte genérica do MDF-e e aos campos assimilados da parte do modo rodoviário. A base de dados do MDF-e foi fornecida pela SEFAZ-DF com a supervisão de um auditor fiscal, de forma a se preservar o sigilo fiscal, a partir de uma solicitação formal feita pelo DNIT. Essa base de dados é composta por diversos campos de informação fornecidas no preenchimento do MDF-e, e que se relacionam ao modo de transporte escolhido pelo transportador. No total foram selecionados 8 campos da base de dados, conforme mostra a Tabela 2, a fim de não quebrar a confidencialidade dos dados.

Tabela 2: Campos selecionados do MDF-e

Campo	Descrição
modal	modalidade de transporte

dhEmi	data e hora de emissão do Manifesto
cMunCarrega	código do município de carregamento
dhIniViagem	data e hora previstos de início da viagem
tpRod	tipo de rodado
cMunDescarga	código do município de descarregamento

4.3. Método

A utilização de dados de documentos eletrônicos fiscais no Brasil ainda é incipiente e está em desenvolvimento (Fernandez, 2018). Para se atingir os objetivos propostos, foi desenvolvido um sequenciamento metodológico estruturado em 5 etapas (Figura 4), baseadas na pesquisa de Pipicano (2018), para a geração da matriz O-D real e comparação com a matriz estimada pelo DNIT.

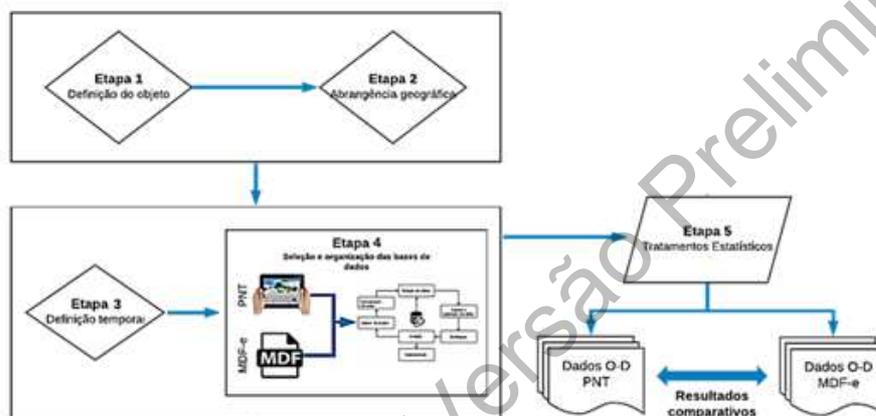


Figura 4: Fluxograma do método proposto

Buscando um melhor entendimento das etapas elencadas, a Tabela 3 resume a finalidade de cada uma.

Tabela 3: Detalhamento das etapas do método proposto

Etapas	Descrição	Finalidade
1ª. Definição do objeto	Definir o tipo de matriz a ser gerada: de viagens de caminhões, de valores, de produtos, de peso etc.	Diversos tipos de matrizes O-D podem ser construídas, dependendo do objetivo pretendido. Assim, essa etapa delimita o tipo de matriz a ser criada.
2ª. Definição da abrangência geográfica do estudo	Definir a abrangência geográfica de busca nas bases de dados disponíveis.	Podem ser geradas matrizes O-D municipais, estaduais, regionais, dependendo do objetivo pretendido. Nessa etapa será feito um recorte geográfico da matriz O-D a ser gerada.
3ª. Definição do espaço temporal de análise	Definir o período em que se efetuará a busca na base de dados disponibilizada.	Nesta etapa será definido em qual o período a matriz O-D será gerada: diária, semanal, mensal, semestral, anual.
4ª. Seleção e organização das bases de dados	Selecionar os campos e informações das bases, conforme critérios anteriores.	Selecionar os campos e dados necessários das bases de dados disponíveis. Pode ser fazer diversas variações de busca, conforme critérios específicos.

5ª. Tratamentos Estatísticos

Gerar a matriz O-D.

Nesta etapa os dados brutos serão manipulados com o objetivo de se gerar as matrizes O-D (real e amostral), para que elas possam ser comparadas.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Seguindo as etapas do método proposto, a primeira etapa foi a definição do objeto. No presente estudo, a matriz O-D a ser gerada será aquela com o número de viagens de caminhões, visto que não foi possível conseguir acesso, até o momento, dos produtos transportados na base do MDF-e. A matriz O-D gerada será estadual (UF), devido à falta de espaço para apresentar uma matriz municipal, e somente com origem e destino no DF, visto que a SEFAZ/DF só possui acesso aos dados do DF, e em 2 períodos: na semana de 18/11/2017 a 24/11/2017, a fim de comparar com a semana de pesquisa da PNT, e em novembro de 2017 para comparar com a pesquisa PNT expandida para o mês.

A expansão da amostra da PNT foi feita considerando os dados da contagem volumétrica e classificatória (CVC), efetuada pelo período de 24 horas, por ponto de controle, sentido da rodovia e dia da pesquisa. Da base de dados excluiu-se os veículos leves, motos e ônibus, considerando apenas os veículos pesados, e desconsiderado aqueles declarados vazios. Esse filtro foi feito pois, como os veículos estão sem carga, os mesmos não teriam emitido o MDF-e. Assim, o peso da amostra foi calculado como:

$$Peso_{OD} = CV_{OD} / Amostra_{OD} \quad (1)$$

onde: CV_{OD} é a contagem volumétrica para o par O-D estimada a partir do produto da porcentagem da amostra para o par O-D no mesmo ponto de controle, sentido da rodovia e dia da pesquisa, pela contagem volumétrica no ponto de controle, sentido da rodovia e dia da pesquisa, estimando assim o fluxo veicular semanal; e $Amostra_{OD}$ é a contagem dos caminhões no ponto de controle, sentido da rodovia e dia da pesquisa.

Como a pesquisa foi feita em 7 dias (18/11/2017 a 24/11/2017), o peso para a expansão do mês é dado por $30/7 = 4,2857$. Assim, para a expansão dos dados da amostra para o mês, o peso final é dado pelo produto do $Peso_{OD}$ por 4,2857. A Tabela 7 mostra a matriz O-D real da quantidade de viagens de caminhão entre as UF (em formato de cruz, por considerar apenas as originadas no DF e destinadas ao DF) gerada a partir da base de dados do MDF-e, e a Tabela 4 mostra a matriz O-D amostral expandida estimada a partir dos dados da PNT (ela está apresentada em duas linhas, a fim de economizar espaço, visto que também é uma matriz em formato de cruz), sendo que os valores foram arredondados para o inteiro mais próximo. Note que os totais foram subestimados pela matriz O-D amostral, e que internamente existe uma grande discrepância entre os valores. Outro ponto interessante é sobre os valores zerados na matriz O-D amostral, o que não ocorre na matriz O-D real, mostrando que a forma amostral muitas vezes apresenta falhas, devido a temporalidade e o tamanho da amostra frente ao tamanho da malha, divergindo da matriz O-D real, que devido a obrigatoriedade legal de emissão do MDF-e para carga, possui um nível de confiabilidade elevado.

A matriz O-D real referente à semana de 18/11/2017 a 24/11/2017 também foi gerada, e está apresentada em duas linhas, a fim de economizar espaço, na Tabela 5, assim como a matriz O-D amostral, referente à mesma semana, apresentada na Tabela 6. Note que a Tabela 4 mantém a proporcionalidade de todas as entradas, em relação à Tabela 6, do peso para expansão mensal igual a 4,2857, o que não acontece na matriz O-D real (Tabelas 5 e 7). A proporcionalidade se

mantém próxima de 4,25 apenas nos totais da matriz O-D real, mas para as entradas da matriz esse valor varia entre 3 e 8,13.

6. CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo gerar uma matriz O-D para o transporte rodoviário de carga utilizando o Manifesto de Documentos Fiscais Eletrônicos (MDF-e), e compará-la com a matriz O-D estimada pela Pesquisa Nacional de Tráfego (PNT), realizada pelo DNIT em 2017. No caso, considera-se que a matriz O-D gerada a partir dos dados do MDF-e é uma matriz O-D real, a custo zero e com geração instantânea, ou seja, é possível gerar essa matriz diariamente, semanalmente, semestralmente e anualmente. Já a matriz O-D estimada por pesquisas amostrais, possuem altos custos e possuem utilização limitada, devido aos pesos utilizados para a expansão dos dados.

Em uma primeira análise, a matriz O-D estimada a partir dos dados da PNT, subestimaram a quantidade total de viagens de caminhão tanto geradas quanto destinadas para o DF, além de possuir grandes discrepâncias entre os pares O-D. Ao utilizar a expansão dos dados amostrais coletados na semana de referência para o mês como um todo, a nova matriz O-D estimada apenas reproduziu a proporcionalidade do peso mensal dado por $30/7=4,2857$, o que não ocorre na matriz O-D real. Somado a isso, vários pares O-D apresentaram valores zerados, também em desacordo com os dados da matriz O-D real.

A utilização de matrizes O-D amostrais é uma técnica amplamente utilizada nos últimos anos, entretanto, com o devido tratamento da base de dados do MDF-e, mantendo-se o sigilo dos dados, tornar-se possível a geração instantânea do fluxo veicular de cargas nas rodovias brasileiras a custo zero. No momento atual as bases de dados das secretarias de fazenda estaduais não atuam de forma unificada, mas é possível gerar uma matriz O-D nacional a partir de convênio com a Receita Federal do Brasil, que detém a base de dados centralizada dos Manifestos de Documentos Fiscais Eletrônicos (MDF-e).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahamsson, T. (1998) Estimation of origin-destination matrices using traffic counts – a literature survey. IIASA Interim Report IR-98-021/May, Inúmeros métodos, v. IR-98-021, p. 1–32. Disponível em: <http://italica.us.es/Pagina_personal/Trafico/Articulo/Planificiacion_Estimacion_de_la_demanda/Calibracion_de_matrices/abrahamsson98estimation.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.
- Bertoncini, B. V. (2007) Uma proposta de carregamento incremental de fluxos veiculares para a estimação de matriz O-D sintética. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Calixto, L. C. A. C. (2011) Proposta de um método de estimação de matrizes origem-destino baseado em programação linear fuzzy para redes viárias brasileiras congestionadas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás.
- DNIT (2019) Plano Nac. Contagem Tráfego. Disponível em: <www.dnit.gov.br/pnct>. Acesso em: 18 fev. 2019.
- ENCAT (2016) Projeto Manifesto Eletrônico de Documentos Fiscais - Manual de Orientação do Contribuinte. , Outubro, 2016., no 3. Brasília, Brasil: [s.n.].
- Fernandez, M. L. A. (2018) Aplicações de documentação fiscal eletrônica em sistemas logísticos: casos práticos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Flemming, D. M. (1993) Um método de alocação de contadores volumétricos de tráfego numa rede rodoviária para estimar matrizes Origem - Destino. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Gentile, G.; Vigo, D. (2013) Movement generation and trip distribution for freight demand modelling applied to city logistics. European Transport \ Trasporti Europei, ISTIEE, Institute for the Study of Transport within the European Economic Integration, v. 54, p. 1-6.
- Guler, H.; Vitosoglu, Y. (2013) Estimation of freight transportation. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport, v. 166, n. 3, p. 174–185. Disponível em:

- <<http://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/tran.10.00065>>. Acesso em: 15 mar. 2019.
- Li, X. et al. (2018) A hybrid algorithm for estimating origin-destination flows. IEEE Access, v. 6, p. 677–687. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/8113466/>>. Acesso em: 05 fev. 2019.
- Ogden, K. W. (1992) Urban goods movement: a guide to policy and planning. [S.l.]: Aldershot: Ashgate. Disponível em: <<http://lib.ugent.be/catalog/rug01:000273410>>. Acesso em: 03 mar. 2019.
- Oliveira, A. S. de. (2010) SPED e nota fiscal eletrônica. 2. rev ed. Porto Alegre: Notadez/Datadez.
- Pipicano, E. F. M. (2018) Metodologia para o planejamento do transporte urbano de carga usando dados de documentos fiscais eletrônicos. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília.
- Pitombeira Neto, A. R.; Oliveira Neto, F. M.; Loureiro, C. F. G. (2017) Statistical models for the estimation of the origin-destination matrix from traffic counts. Transportes, v. 25, n. 4, p. 1.
- Reyes, D. E. L. (1999) Um procedimento de determinação de matriz origem-destino para diferentes modos: método Indireto baseado em um modelo de escolha discreta. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Santos, E. M. dos. (2015) Uso de dados de documentos fiscais eletrônicos para o planejamento do transporte urbano de cargas. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília.
- Tavasszy, L.; De Jong, G. (2014) Data availability and model form. In: ELSEVIER (Org.). Model. Freight Transp. [S.l.]: Elsevier. p. 229–244. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780124104006000100>>. Acesso em: 05 mai. 2019.
- UFRJ. (2018a) Desenvolvimento de metodologia para pesquisa de origem e destino (O-D), consolidação e tratamento dos dados de fluxos de veículos e aplicação de modelo matemático para estimativa de tráfego médio diário anual para toda a malha rodoviária federal - Relatório, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/component/content/article/2-uncategorised/6557-gestao-de-pessoas-nucleos-de-recursos-humanos-responsaveis,-enderecos-e-telefones-para-contato.html>>. Acesso em: 14 mar. 2019.
- Willumsen, L. G. (1981) Simplified transport models based on traffic counts. Transportation, v. 10, n. 3, p. 257–278.
- Willumsen, Luis G.; Ortúzar, J. de D. (2011) Modelling Transport, Fourth Edition. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.

Tabela 4: Matriz O-D do número de viagens de caminhão estimada por meio dos dados da PNT para o mês de novembro/2017

	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO	Total
Origem DF	157	186	0	0	1571	340	172	1428	5157	0	7198	0	987	118	178	1180	245	1150	696	65	562	0	288	519	63	3795	268	26323
Destino DF	0	142	125	3038	3094	768	172	2983	5746	177	10519	144	494	1179	334	556	268	5217	4071	230	1643	0	1972	1804	194	11891	0	56761

Tabela 5: Matriz O-D do número de viagens de caminhão obtida por meio dos dados do MDF-e para os dias 18/11/2017 à 24/11/2017

	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO	Total
Origem DF	15	6	17	8	290	25	917	58	2658	71	339	81	207	183	14	21	24	33	43	16	60	0	35	47	14	413	355	5950
Destino DF	1	18	26	3	187	59	917	173	1821	130	944	49	252	90	12	87	6	341	219	24	34	1	197	214	40	2033	22	7900

Tabela 6: Matriz O-D do número de viagens de caminhão estimada por meio dos dados da PNT para os dias 18/11/2017 à 24/11/2017

	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO	Total
Origem DF	37	44	0	0	367	79	40	333	1203	0	1680	0	230	28	42	275	57	268	162	15	131	0	67	121	15	885	63	6142
Destino DF	0	33	29	709	722	179	40	696	1341	41	2454	34	115	275	78	130	63	1217	950	54	383	0	460	421	45	2775	0	13244

