

ANÁLISE DA LOCALIZAÇÃO DE EMPRESAS DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA UTILIZANDO ESTATÍSTICA ESPACIAL

Alan Ricardo da Silvaⁱ

Bernardo Nogueira Schlemperⁱⁱ

Bruno Ouriques de Lima Nogueira Nunesⁱⁱⁱ

Departamento de Estatística
Universidade de Brasília - UnB

RESUMO

O Transporte Rodoviário de Carga (TRC) é o principal modo de transporte do Brasil, correspondendo a mais de 60% da matriz de transportes. Dentre os diversos fatores que compõe o valor final do frete está a boa localização das empresas. Dessa forma, o trabalho tem por objetivo mostrar que as empresas que realizam o TRC se localizam próximas as principais rodovias brasileiras. Para isso, fez-se uso da estatística espacial, no caso análise pontual, a partir do CEP das empresas que estão no Registro Nacional dos Transportadores Rodoviários de Carga (RNTRC). Os resultados mostraram que as empresas do Distrito Federal estão localizadas próximas às saídas do DF para o Nordeste e Sudeste e as empresas do estado de São Paulo se localizam próximas às rodovias BR040, BR050 e BR116.

ABSTRACT

The Road Freight Transportation (RFT) is the most used ways of transportation in Brazil, representing more than 60% of transportation matrix. Amongst the diverse factors that compose the final price of freight is the better location of the companies. Thus, this paper has as objective to show that the companies which carry the RFT are located next the principal Brazilian Highways. For that, we use spatial statistics, in this case the point patterns analysis, from the Postal code of the companies that are in the National Register of the Road Freight Transporters. The results showed that the companies of the Federal District (FD) are located next to the exits of FD for Northwest and Southwest and the companies of the state of Sao Paulo are located next to the highways BR040, BR050 and BR116.

1. INTRODUÇÃO

O Transporte Rodoviário de Carga (TRC) representa atualmente o modo de transporte mais utilizado no Brasil, sendo sua parcela na matriz de transportes igual a 58% (ANTT, 2005). Isso pode ser explicado por suas vantagens quando comparado com outros tipos de transporte, tal como a possibilidade de entrega na porta do comprador e a facilidade de embarque e desembarque de mercadorias. Sendo assim, informações sobre as características do TRC, bem como identificar quais fatores influenciam sua distribuição espacial são de fundamental importância para os interessados nesse modo de transporte.

A distribuição espacial da frota de veículos responsável por esse modo de transporte normalmente é influenciada por características regionais, como a existência de portos e rodovias, ou locais onde são produzidos determinados produtos, o que nos sugere que o espaço geográfico é um fator determinante para tal distribuição. Assim, modelos estatísticos que incorporem esse espaço geográfico se tornam mais adequados para tal análise.

O presente trabalho apresenta uma análise referente à localização das empresas de TRC no Distrito Federal e no estado de São Paulo utilizando técnicas de Estatística Espacial, no caso, por meio do processo de análise pontual, visando assim observar se a distribuição espacial dessas empresas apresenta algum padrão definido ou se apresenta de maneira aleatória. Para

tal fim, avaliou-se não somente a distribuição das empresas, mas também como estão dispostos alguns tipos de veículos utilizados no TRC. Tem-se como hipótese que as empresas de TRC se localizam próximas às rodovias, a fim de minimizarem seus custos.

O artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 faz uma breve consideração sobre o Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga (RNTRC) e a seção 3 apresenta as principais ferramentas utilizadas pela análise pontual. Na seção 4 é descrita a metodologia utilizada e na seção 5 é apresentada a análise dos resultados no Distrito Federal e no estado de São Paulo. Por fim, a seção 6 descreve as considerações finais do trabalho.

2. REGISTRO NACIONAL DE TRANSPORTADORES RODOVIÁRIOS DE CARGA

Segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2009), a lei que dispõe sobre o Transporte Rodoviário de Cargas realizado em vias públicas, no território nacional, por conta de terceiros e mediante remuneração, além dos mecanismos de sua operação e a responsabilidade do transportador é a Lei nº 11.442, de 5 de Janeiro de 2007. A atividade econômica tratada por esta lei é de natureza comercial e pode ser exercida tanto por pessoas físicas quanto por pessoas jurídicas em um regime de livre concorrência. Mas para essa atividade acontecer é necessário a inscrição no Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga (RNTRC) em alguma das duas categorias disponíveis: a de Transportador Autônomo de Carga (TAC) ou a Empresa de Transporte Rodoviário de Cargas (ETC). Considera-se por TAC a pessoa física que tenha no transporte rodoviário de cargas a sua atividade profissional; e por ETC a pessoa jurídica constituída por qualquer forma prevista em lei que tenha no transporte rodoviário de cargas a sua atividade principal.

O Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga (RNTRC) foi instituído pela Lei nº 10.233 de 5 de junho de 2001, Arts. 14-A e 26, item IV; pela Lei nº 11.442 de 5 de janeiro de 2007 e pela Resolução da ANTT nº 3.056 de 12 de março de 2009, que dispõe sobre o exercício da atividade de transporte rodoviário de cargas por conta de terceiros e mediante remuneração, estabelecendo procedimentos para inscrição e manutenção no RNTRC (RNTRC, 2009).

Para se registrar no RNTRC, todas as empresas que realizam Transporte Rodoviário de Cargas, as Cooperativas de Transporte de Cargas e os Transportadores Autônomos de Cargas, que praticam atividade econômica de transporte rodoviário de cargas no Brasil, por conta de terceiros e mediante remuneração devem atender aos seus requisitos da Resolução nº 3.056. O registro no RNTRC traz diversos benefícios não somente aos transportadores, ao regularizar o exercício de suas atividades por meio da habilitação formal, identificando parâmetros de participação no mercado e inibindo a participação de atravessadores não qualificados; mas também aos usuários, que passam a ter maior segurança ao contratar o transportador, maior informação sobre a oferta de transporte e redução de custos do seguro; e ao país, já que após o registro se torna mais fácil conhecer a oferta do transporte rodoviário de carga, identificar a distribuição espacial, composição e idade média da frota, delimitar as áreas de atuação dos transportadores e fiscalizar a atividade.

Devem estar registrados no RNTRC quaisquer veículos que executem transporte rodoviário de carga mediante remuneração com capacidade de carga útil superior a 500kg, exclusive aqueles que sejam utilizados somente para transportar carga própria (classificados na categoria “particular”). Nas rodovias federais e nas concedidas à iniciativa privada, a Polícia Rodoviária

Federal e fiscais da ANTT, respectivamente, serão responsáveis pela fiscalização do porte obrigatório do Certificado de Registro Nacional de Transportador Rodoviário de Cargas (CRNTRC).

2.1. Custos de Transporte

Os custos de transporte podem ser descritos como as despesas realizadas no transporte de cargas, desde a sua origem, até o seu destino final (Arantes, 2005). Como em qualquer outra operação, os custos são divididos em fixos e variáveis. Esta classificação pode ser feita com relação à distância percorrida. Os custos variáveis são aqueles que podem variar de acordo com a quilometragem (distância) percorrida no transporte da mercadoria, enquanto os custos fixos, já são pré-definidos e não variam de acordo com a distância. São exemplos de custos fixos: depreciação, motorista e seguros. Já exemplos de custos variáveis são: Pneus, Combustível, Lubrificantes, Manutenção, Pedágio entre outros (Ballou, 2006).

Algumas empresas de transporte de carga podem não estar tão bem localizadas quanto outras, o que provavelmente implicaria em um maior tempo no embarque e desembarque da mercadoria e possivelmente acarretaria em um aumento no preço do frete. Se essas empresas estivessem localizadas mais próximas de uma importante rodovia ou de um ponto distribuidor, o escoamento do frete seria mais veloz e talvez houvesse uma diminuição nos custos de transporte.

Uma forma de identificar como é a distribuição espacial dessas empresas é utilizando técnicas de estatística espacial, como a análise pontual. Considera-se cada empresa como um ponto no mapa, e a partir daí é possível visualizar padrões. Dessa forma, pode-se entender um pouco mais sobre como a localização espacial influencia o custo de transporte e consequentemente o preço final das mercadorias, como analisado por Cruz e Oliveira (2008).

3. ANÁLISE PONTUAL

A estatística espacial é um ramo da estatística que permite utilizar o espaço geográfico associado ao conceito de variáveis aleatórias, e assim, gerar um novo conceito de funções aleatórias. Dessa forma, permite além de identificar, localizar e visualizar a ocorrência de fenômenos no espaço, modelar a ocorrência de tais fenômenos, adicionando, por exemplo, os fatores determinantes, a estrutura de distribuição espacial ou a identificação de padrões, ou seja, uma análise diferente da proporcionada pela estatística clássica.

Segundo Bailey e Gatrell (1995), a análise espacial de dados é uma ferramenta que possibilita manipular dados espaciais de diferentes formas e extrair como resposta um conhecimento que não se tinha anteriormente, tendo como objetivo aprofundar a compreensão do processo, avaliar evidências de hipóteses a ele relacionadas, ou ainda, tentar prever valores em áreas onde as observações não estão disponíveis.

Dentro da análise espacial, a taxonomia mais comum para descrever problemas de análise espacial considera três tipos de dados. O primeiro tipo são os padrões pontuais, onde os fenômenos são apresentados através de ocorrências identificadas como pontos localizados no espaço, chamados de processos pontuais. O segundo tipo são as superfícies contínuas, que são estimadas a partir de um conjunto de amostras de campo, podendo estar regularmente ou irregularmente distribuídas, sendo que normalmente, esse tipo de dados decorre de levantamento de recursos naturais. E o terceiro tipo são as áreas, que estão associadas a

levantamentos populacionais, e que originalmente, fazem referência a indivíduos localizados em pontos específicos do espaço. No caso, o trabalho irá utilizar apenas a análise de padrões pontuais.

Os processos pontuais são definidos como uma base de dados representados por um conjunto de pontos irregularmente distribuídos em um terreno, ou seja, representam uma série de localizações no espaço geográfico. Segundo Bailey e Gatrell (1995), são a forma mais simples de representar dados espaciais, e em sua forma primária, esses dados espaciais representam apenas as coordenadas do evento estudado.

Ao se realizar a análise pontual, o que se deseja saber é se existe algum padrão espacial de distribuição desses pontos. Após obter o mapa com a localização dos pontos em seu território, existem três tipos de distribuição esperados: aleatório, regular e aglomerado (Figura 1).

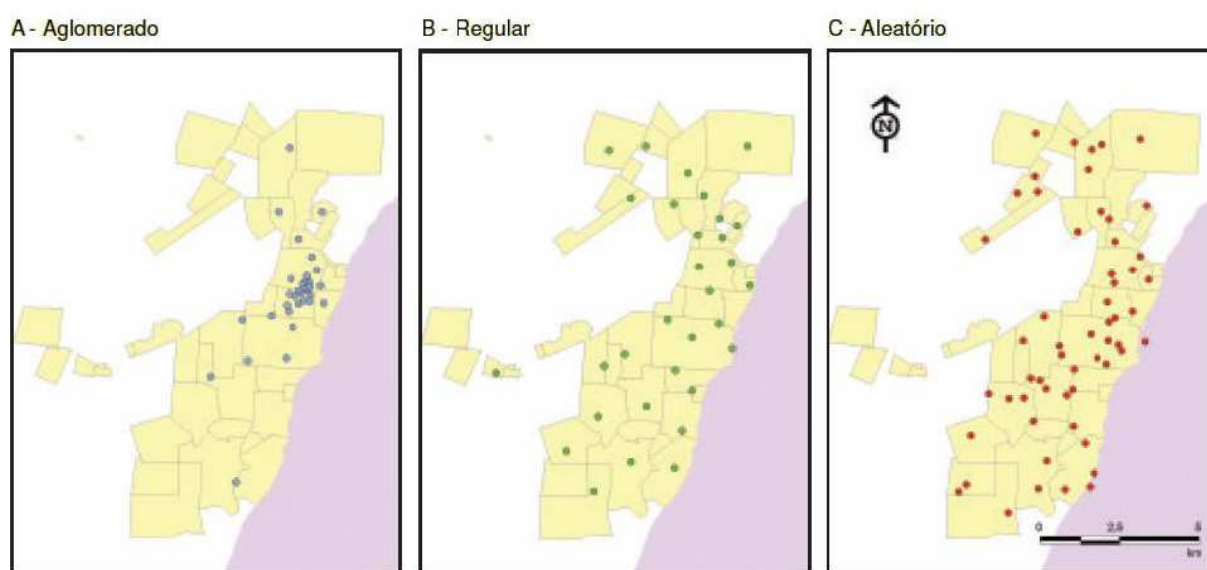


Figura 1. Tipos de Distribuição Espacial na Análise Pontual.

No padrão regular, a distância média entre os pontos tende a ser constante e ao se analisar o mapa de forma geral, é possível notar uma regularidade no espaçamento entre os pontos, como se eles estivessem espalhados propositamente para que não houvesse uma grande diferença na distância entre eles. Esse tipo de padrão é muito comum ao se analisar, por exemplo, a localização de pontos de ônibus em uma cidade, que tendem a ser igualmente espaçados para que moradores de todas as áreas tenham fácil acesso à rede de transporte público, ou a presença de unidades básicas de saúde em um município.

Outro tipo de padrão é o aglomerado, onde se observa a concentração dos pontos em uma determinada área em detrimento de outras. Ao observar-se um mapa que apresente esse padrão, também chamado de agrupado ou *cluster*, estudos podem ser feitos para identificar a causa da aglomeração no local. Dependendo do estudo realizado, é possível também controlar os fatores causadores da aglomeração.

O padrão aleatório é observado quando os pontos estão localizados no território de tal maneira que não apresentem nenhum modelo de distribuição. Eles estão distribuídos ao acaso e não são observados locais que apresentem uma maior concentração que possa justificar o padrão

aglomerado, nem uma uniformidade na distância entre esses pontos que justifiquem o padrão regular.

Uma das formas de avaliar os padrões espaciais de pontos e notar a presença de aglomerados é medindo a média da distância entre os pontos. No padrão aglomerado, a distância média entre os pontos é pequena e nos outros padrões (Aleatório e Regular) a distância entre pontos é grande. Essas distâncias entre os pontos são facilmente calculadas em um SIG, já que este sistema guarda as coordenadas de cada ponto. Pode-se calcular a distância euclidiana utilizando a Equação (1).

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

Uma das formas de análise de aglomerados é utilizando as técnicas de aglomerados hierárquicos. Nelas, a detecção de aglomerados começa com os eventos separados e procede-se a união das observações mais semelhantes em grupos, com base em critérios pré-definidos (Santos e Souza, 2007). Na análise hierárquica de aglomerados, inicialmente a menor distância entre dois pontos é identificada e esses pontos são juntados em um novo aglomerado. Após isso, as distâncias entre os aglomerados também são calculadas e os mesmos podem ser reagrupados em um novo aglomerado e assim por diante.

Dentre os diversos métodos hierárquicos existentes, o mais usual é o do vizinho mais próximo, que agrupa os pontos que estão mais próximos na área de estudo. Identifica-se aglomerados vizinhos de primeira ordem, que são os que representam os pontos mais próximos do que a distância limiar entre os pontos proposta, e que tenham pelo menos a quantidade mínima de pontos pré-estabelecida. Estes aglomerados são tidos como pontos individuais e podem ser reagrupados em aglomerados de segunda ordem e assim por diante até atingir-se um aglomerado singular ou não atender mais as condições pré-estabelecidas.

Este método estima a função de distribuição acumulada $\hat{G}(h)$ baseada nas distâncias h entre os eventos que ocorreram na região de estudo. A função de distribuição pode ser estimada empiricamente por:

$$\hat{G}(h) = \frac{\#[d(u_i, u_j) \leq h]}{n} \quad (2)$$

onde $\#$ corresponde à função contagem e $\hat{G}(h)$ é o valor normalizado acumulado para uma distância h corresponde à soma dos vizinhos mais próximos de cada evento cuja distância é menor ou igual a h , dividido pelo número de eventos naquela região, representado por n (Bailey e Gatrell, 1995).

Ao colocar em um gráfico os resultados desta função de distribuição cumulativa empírica $\hat{G}(h)$ pode-se usá-los como um método exploratório para verificar a evidência de interação dos eventos em estudo. Se o gráfico apresentar um rápido crescimento para valores pequenos de distância, esta situação mostra que há interação entre os eventos caracterizando agrupamentos nestas faixas de distâncias. Se o gráfico apresentar valores pequenos no começo e só crescer aceleradamente para valores maiores de distância, esta situação mostra uma distribuição mais regular dos eventos.

Apesar de ser um bom método para fornecer indicações iniciais da distribuição espacial, o método de vizinho mais próximo considera apenas escalas de distância pequenas. Se o caso em questão possuir escalas de distância maiores é melhor trabalhar com a Função K de Ripley definida como:

$$\lambda K(h) = E(\text{\#eventos contidos a uma distância } h \text{ de um evento arbitrário}) \quad (3)$$

onde $E(\)$ é o operador de esperança matemática e λ é o número médio de eventos por unidade de área, assumida constante na região.

Uma estimativa de $K(h)$ é dada por:

$$\hat{K}(h) = \frac{A}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n \frac{I_h(d_{ij})}{w_{ij}} \quad (4)$$

onde A é a área da região, n é o número de eventos observados, $I_h(d_{ij})$ é uma função indicadora cujo valor é 1 se $d_{ij} \leq h$ e 0, caso contrário, e w_{ij} é a proporção da circunferência do círculo centrado no evento i que está dentro da região (denominada correção devido ao efeito de borda).

A Função K é utilizada de forma semelhante ao método do vizinho mais próximo, ou seja, compara-se uma estimativa empírica $\hat{K}(h)$ e a resultante de um processo de padrão de pontos espacial aleatório $\bar{K}(h)$. Para um processo que segue aleatoriedade, $K(h)$ seria πh^2 . Dessa forma, pode-se comparar a estimativa K de um conjunto de dados apurados com πh^2 representando no gráfico a função $\hat{L}(h)$ definida como:

$$\hat{L}(h) = \sqrt{\frac{\hat{K}(h)}{\pi}} - h \quad (5)$$

Segundo Druck *et al* (2004), o gráfico da função $\hat{L}(h)$ em função da distância h , indica atração espacial entre eventos ou agrupamentos para valores positivos e indica repulsão espacial ou regularidade para valores negativos.

3.1 Análise da Densidade de Pontos

Existem vários procedimentos de estimação da densidade de eventos, sendo a estimativa Kernel a mais conhecida e utilizada. Essa estimativa cria uma superfície de densidade que permite a identificação visual de áreas quentes, através de uma técnica de interpolação exploratória. As áreas quentes são definidas como regiões onde há concentração de eventos indicando que de alguma maneira exista aglomeração na distribuição espacial.

A estimativa de Kernel é uma técnica estatística, não paramétrica, onde uma determinada distribuição de pontos em um mapa é transformada em uma superfície contínua de risco para sua ocorrência. Dessa forma, é possível filtrar a variabilidade de um conjunto de dados sem alterar suas características locais, como foi explicado por Bailey e Gatrell (1995). Esse estimador não é apenas uma forma para identificar aglomerados, mas um método que permite a exploração e demonstração do padrão de pontos apresentado, o que se mostra útil após a criação da superfície contínua baseada nos dados pontuais.

É necessário que se defina dois parâmetros básicos para a aplicação da estimativa de Kernel. O primeiro é o raio de influência, representado por τ . Esse parâmetro define a vizinhança do ponto que será interpolado e controla a suavidade da superfície que será criada. Esse raio define um disco centrado em S , em que uma localização na região R , na qual os pontos s_i vão contribuir para a estimativa da função de intensidade. O outro parâmetro é a função de estimação K (Kernel), utilizada para suavizar o fenômeno. Os Kernel's mais utilizados são o normal e o quadrático. Com base nesses parâmetros, se S representa uma região em R e (s_1, \dots, s_n) representam as localizações das n observações, então a intensidade estimada λ em S é dada por:

$$\lambda_\tau(S) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} K\left[\frac{s - s_i}{\tau}\right] \quad (6)$$

Nessa equação, K é a função de alisamento, uma função de densidade bivariada, conhecida como Kernel, previamente escolhida. O parâmetro τ é o raio de influência, fator que determinará o grau de suavização da superfície obtida. A superfície será criada a partir do ajustamento da função bidimensional sobre os eventos em questão, sendo que ela apresentará um valor proporcional à intensidade dos eventos por unidade de área.

A função apresentada tem por objetivo contar os eventos dentro de uma região de influência, ponderando para cada ponto a distância entre o ponto e uma localização de interesse. Ao se aplicar o estimador de intensidade em uma grade de localizações presente em uma determinada região R , é como se cada ponto s da grade fosse representado numa função tridimensional. A partir disso, são medidas as distâncias para cada ponto s_i presente na área de influência e elas contribuem para a estimativa de intensidade em S de acordo com a sua distância a S , conforme Figura 2.



Figura 2. Exemplo de Criação de uma Superfície.

4. METODOLOGIA

Para a realização do estudo acerca da localização das empresas de transporte rodoviário no Distrito Federal, e posterior verificação da existência de algum padrão de distribuição espacial, é necessário que se possua alguma fonte que indique onde estas empresas estão instaladas. Tal informação foi obtida do banco de dados do Registro Nacional dos Transportadores Rodoviários de Carga (RNTRC), gentilmente cedido pela ANTT.

No banco de dados do RNTRC, existem variáveis indicando qual o tipo de transportador, a Unidade da Federação, o CEP da empresa, o tipo de veículo etc. A variável referente ao tipo de transportador mostra se o responsável pelo transporte é uma pessoa física, uma empresa ou

cooperativa. Nesse trabalho, foram desconsideradas as pessoas físicas, sendo utilizadas apenas as pessoas jurídicas (empresas e cooperativas).

No entanto, a variável de maior interesse nesse banco de dados é o CEP, visto que é de fundamental importância para a obtenção da localização das empresas estudadas. Por meio de um programa implementado no *software* SAS 9.2, é possível conseguir as informações geográficas de latitude e longitude do sítio do *googlemaps*. Dessa forma, tendo a localização da empresa no mapa é possível realizar uma série de análises espaciais, dentre elas, o método do vizinho mais próximo, a Função *K* de Ripley e a superfície de intensidade para observar como a distribuição desses pontos se comporta. As análises serão úteis para se chegar a uma conclusão a respeito da distribuição espacial das empresas de transporte de carga e do tipo de veículo utilizado pelas empresas.

As coordenadas podem ser obtidas no endereço a seguir, substituindo a palavra **CEP** pelo CEP desejado (sem pontos e sem traço). O programa implementado no *software* SAS 9.2 faz essa busca automaticamente para quantos CEPs's forem necessários.

http://maps.google.com.br/maps/geo?q=CEP&output=xml&oe=utf8&sensor=false&key=your_api_key&g1=BR

5. ESTUDO DE CASO

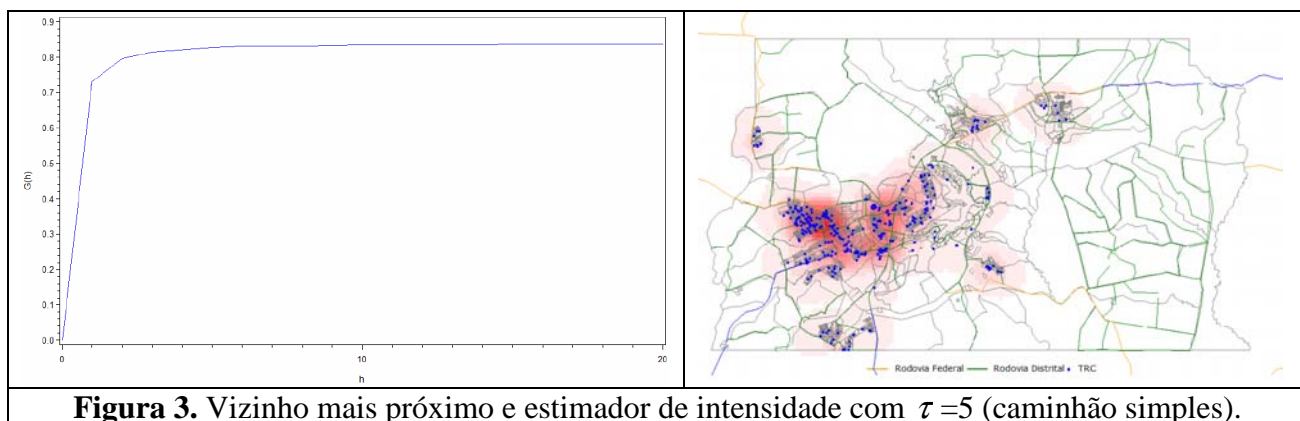
A fim de verificar a hipótese de que as empresas se localizam próximas às rodovias, foram feitos dois estudos de caso: um no Distrito Federal e outro no estado de São Paulo.

5.1 Distrito Federal

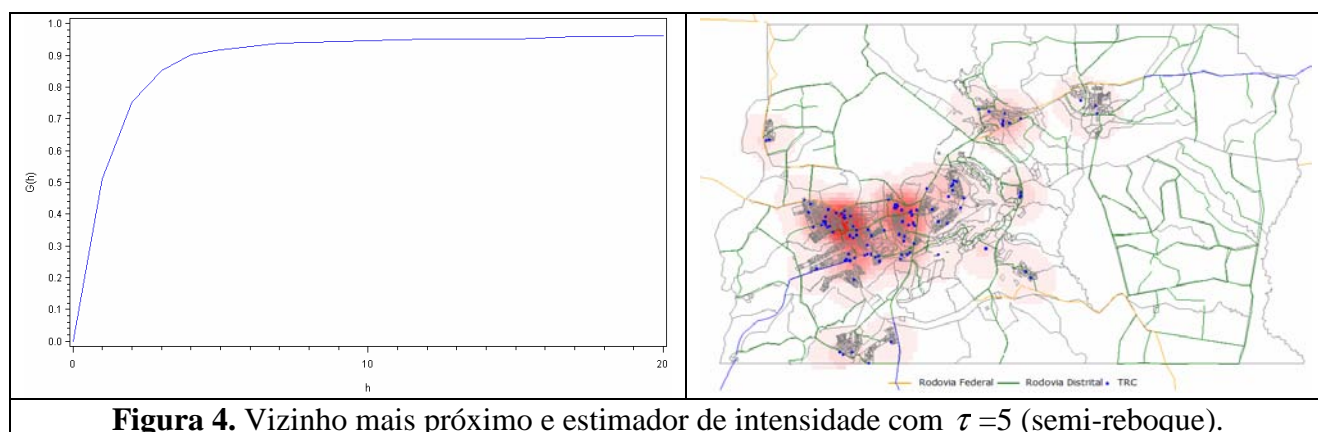
Segundo os dados do RNTRC, disponibilizados em Janeiro de 2011, existem 1.646 veículos utilizados no TRC no Distrito Federal (Tabela 1).

Tabela1. Quantidade de Veículos do TRC no Distrito Federal		
Categoria	Frequência	Percentual
Caminhão Leve	338	20,53
Caminhão Simples	993	60,33
Reboque	60	3,65
Semi-Reboque	253	15,37
Semi-Reboque com 5ª roda / bitrem	2	0,12
Total	1.646	100,00

Verifica-se que os veículos do tipo “Caminhão Simples” e “Semi-Reboque” representam 75% do banco de dados e por isso apenas esses dois tipos serão analisados. Os veículos do tipo “Caminhão Leve” possuem basicamente a mesma distribuição espacial dos veículos do tipo “Caminhão Simples”.



Segundo o método do vizinho mais próximo (Figura 3 (esquerda)), verifica-se a existência de aglomeração por volta dos 5 km para os veículos do tipo “Caminhão Simples”, visto o rápido crescimento da curva e estabilização após os 5 km. Daí, para $\tau = 5$, o estimador de intensidade é apresentado na Figura 3 (direita). Nota-se que as aglomerações identificadas se encontram nas saídas do DF para o estado de Goiás (bairros Taguatinga e Ceilândia), para a região Sudeste (bairro Gama) e para a região Nordeste (bairros Sobradinho e Planaltina), sendo estas as principais rodovias que cortam o Distrito Federal.



Segundo o método do vizinho mais próximo (Figura 4 (esquerda)), verifica-se a existência de aglomeração também por volta dos 5 km para os veículos do tipo “Semi-Reboque”, visto o rápido crescimento da curva e estabilização após os 5 km. Daí, para $\tau = 5$, o estimador de intensidade é apresentado na Figura 4 (direita). Nota-se basicamente as mesmas aglomerações identificadas para os veículos do tipo “Caminhão Simples”, mas com uma menor intensidade.

5.2 Estado de São Paulo

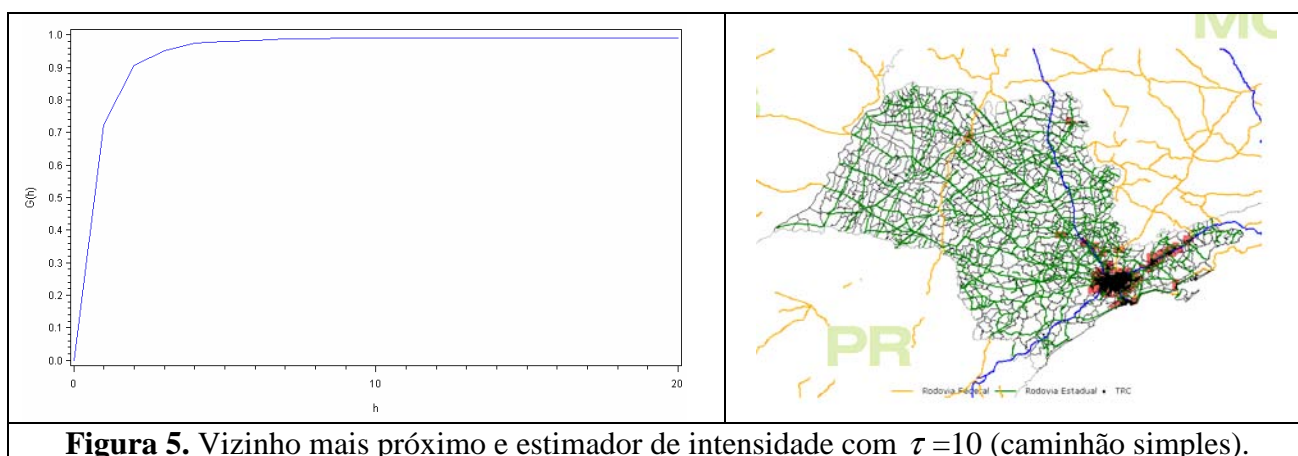
Segundo os dados do RNTRC, disponibilizados em Junho de 2011, a quantidade de veículos do TRC no estado de São Paulo estão presentes na Tabela 2.

Tabela2. Quantidade de Veículos do TRC no Distrito Federal

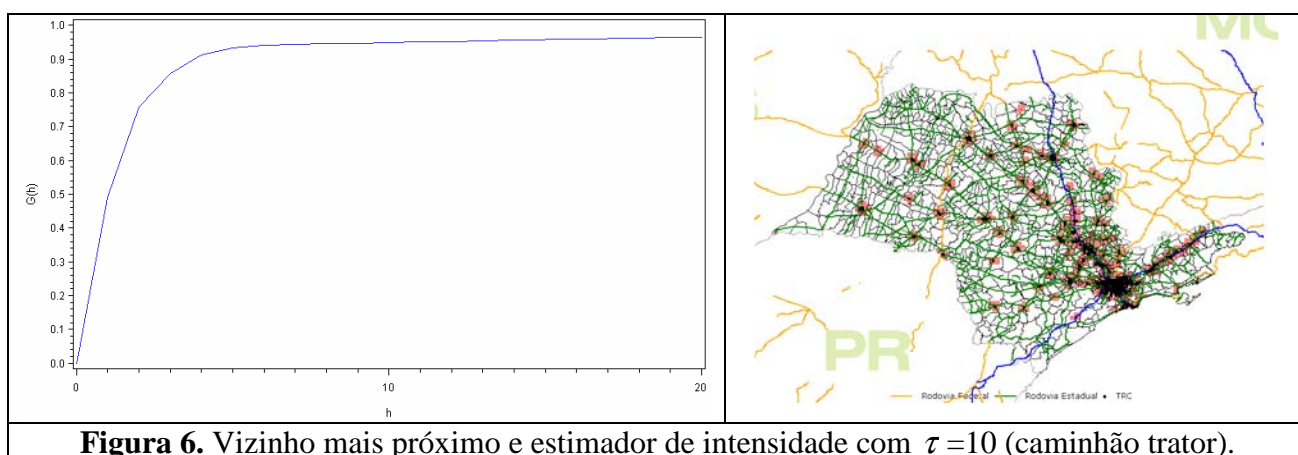
Categoria	Frequência	Percentual
Caminhonete / Furgão	16.948	10,53
Caminhão Leve	18.594	11,55
Caminhão Simples	63.918	39,70

Caminhão Trator	32.902	20,43
Caminhão Trator Especial	117	0,07
Reboque	4.796	2,98
Semi-Reboque	19.074	11,85
Semi-Reboque com 5ª roda / bitrem	40	0,02
Semi-Reboque Especial	148	0,09
Utilitário Leve	3.598	2,23
Veículo Operacional de Apoio	886	0,55
Total	161.021	100,00

Verifica-se que os veículos do tipo “Caminhão Simples”, “Caminhão Trator” e “Semi-Reboque” representam mais de 71% do banco de dados e por isso apenas esses três tipos serão analisados. Os veículos do tipo “Caminhão Leve” e “Caminhonete / Furgão” possuem basicamente a mesma distribuição espacial dos veículos do tipo “Caminhão Simples”, e os demais veículos não serão analisados devido ao baixo percentual.



Segundo o método do vizinho mais próximo (Figura 5 (esquerda)), verifica-se a existência de aglomeração por volta dos 5 km para os veículos do tipo “Caminhão Simples”, visto o rápido crescimento da curva e estabilização após os 5 km. Fazendo $\tau = 10$ para a criação do estimador de intensidade (Figura 5 (direita)), devido à dimensão do estado de São Paulo, nota-se que esse tipo de veículo se encontra basicamente na cidade de São Paulo, visto sua característica de transporte porta-porta.



Segundo o método do vizinho mais próximo (Figura 6 (esquerda)), verifica-se a existência de aglomeração por volta dos 5 km para os veículos do tipo “Caminhão Trator”, visto o rápido crescimento da curva e estabilização após os 5 km. No entanto, o estimador de intensidade foi construído para para $\tau=10$ devido à dimensão do estado de São Paulo (Figura 6 (direita)). Nota-se que as aglomerações identificadas se encontram ao redor da rodovia Anhanguera (SP330) e da BR040, BR050 e da BR116, a principal rodovia brasileira que corta o litoral brasileiro (estas rodovias estão identificadas na cor azul). Note também que os veículos se localizam ao longo das rodovias estaduais e em cidades onde as rodovias se interceptam.

Com menos intensidade, os veículos do tipo “Semi-Reboque” (Figura 7) seguem basicamente a mesma distribuição dos veículos do tipo “Caminhão Trator”, mostrando também uma estrutura de aglomeração.

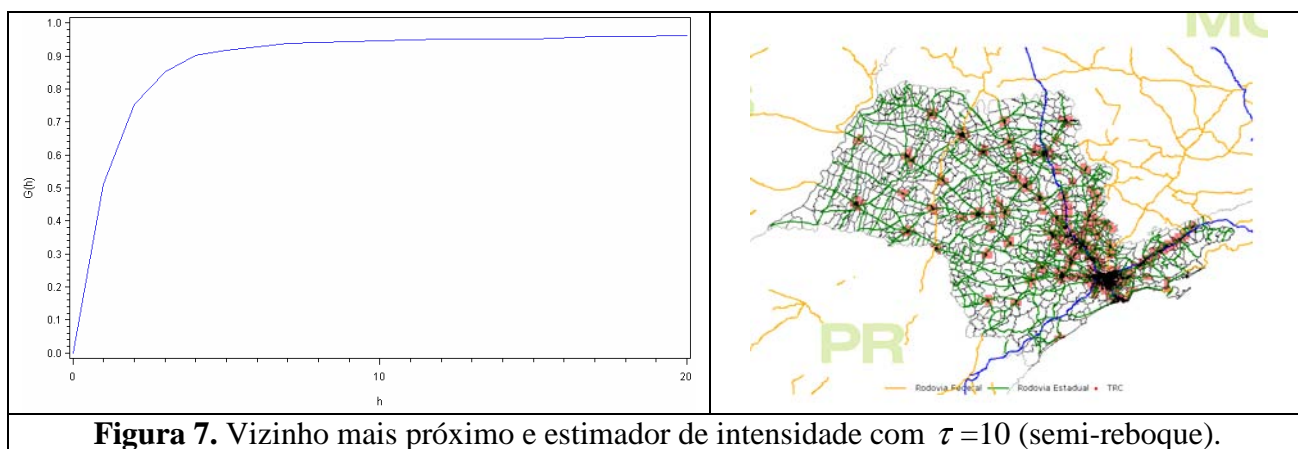


Figura 7. Vizinho mais próximo e estimador de intensidade com $\tau=10$ (semi-reboque).

6. CONCLUSÃO

O Transporte Rodoviário de Carga é o principal modo de transporte do Brasil devido sua principal característica de entrega porta-porta. No entanto, possui altos custos em relação a outros modos de transporte como o ferroviário e o aéreo. Dentre os diversos fatores que compõe seu preço final de frete está a boa localização espacial das empresas que realizam esse tipo de transporte. O trabalho mostrou que as empresas que possuem veículos do tipo “Caminhão Trator”, “Reboque” e “Semi-reboque”, no estado de São Paulo e no Distrito Federal, se localizam próximas às principais rodovias brasileiras a fim de otimizarem a logística de entrega. Já os veículos do tipo “Caminhão Simples” se concentram nas principais cidades a fim de efetuarem a entrega final (pequenas cargas) dos produtos advindos dos pólos geradores / centros fornecedores (grandes cargas).

Outro ponto a ser destacado é o que diz respeito à localização das empresas no Distrito Federal. Não é surpresa que as empresas se localizem nas cidades próximas às saídas do DF, visto que no seu planejamento não é permitido que caminhões transitem ou se instalem no Plano Piloto. Pelo contrário, no DF existem setores específicos para a instalação de tais empresas que realizam o serviço de TRC. Dessa forma, a partir da análise de padrões pontuais foi possível constatar tal fato.

A análise espacial pontual permitiu uma análise mais detalhada, mesmo de forma exploratória, da localização das empresas, a partir do CEP, e confirmou que de fato existe uma aglomeração de empresas. No caso, essa aglomeração está num raio de 5km e ao longo das principais

rodovias, como a BR040, BR050 e da BR116, confirmando assim a hipótese de que as empresas de TRC se localizam próximas às rodovias, a fim de minimizarem seus custos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a ANTT por disponibilizar a base de dados do RNTRC, imprescindível para a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTT (2005), Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. Disponível em: < <http://www.antt.gov.br> >. Acesso em 19 Mai 2011.
- ANTT (2009), Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. Disponível em: < <http://www.antt.gov.br/carga/rodoviario/legislacaobasica.asp> >. Acesso em 10 Fev 2011.
- Arantes, A. (2005), O Papel da Logística na Organização Empresarial e na Economia: Capítulo 7 – Transporte. Disponível em: <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/49180/1/LEGI_cap_7_Transporte_05-06.pdf>. Acesso em 17 Jun 2011.
- Bailey, T. C. e Gatrell, A. C. (1995), *Interactive Spatial Data Analysis*. England: Prentice Hall.
- Ballou, R. H. (2006), *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial*. Ed. Bookman, 5ª edição, São Paulo.
- Cressie, N. A. C (1991), *Statistics for Spatial Data*. USA:Wiley-Interscience Inc.
- Cruz, E. P., Oliveira, T.R. (2008), Redução de custos em transportes rodoviários – o estudo de caso de uma distribuidora multinacional de combustíveis líquidos. *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*, vol 2, pp. 64-75.
- Druck, S., Carvalho, M. S., Câmara, G., Monteiro, A. M.V. (2004), *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília, EMBRAPA.
- RNTRC (2009). Registro Nacional de Transporte Rodoviário de Carga - RNTRC. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/carga/rodoviario/rntrc.asp>>. Acesso em 16 Fev 2011.
- Santos, M. S. e Souza, W. V. (2007), *Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública*. Ministério da Saúde: Fundação Oswaldo Cruz.

ⁱ Alan Ricardo da Silva (alansilva@unb.br)
Fone: (61) 3107-6756

ⁱⁱ Bernardo Nogueira Schlemper (beschlemper@gmail.com)
Fone: (61) 3107-6756

ⁱⁱⁱ Bruno Ouriques de Lima Nogueira Nunes (brunouriques@gmail.com)
Fone: (61) 3107-6756