

# **GERAÇÃO DE VIAGENS DE VEÍCULOS DE CARGA POR SUPERMERCADOS: ESTUDO APLICADO A PALMAS-TO**

**Pedro Igor Almeida Miranda Reis**  
**Lílian dos Santos Fontes Pereira Bracarense**

Curso de Engenharia Civil  
Universidade Federal do Tocantins

**Leise Kelli de Oliveira**  
Departamento de Engenharia de Transporte e Geotecnia  
Universidade Federal de Minas Gerais

## **RESUMO**

Neste artigo são apresentados modelos de geração de viagens de carga em supermercados para a cidade de Palmas-TO. Foram coletadas informações em 53 estabelecimentos comerciais localizados em diversas áreas da cidade. Os modelos foram desenvolvidos por meio de regressão linear generalizada. As variáveis independentes selecionadas para criação dos modelos foram a área total construída, área de vendas, área de armazenagem, número de funcionários e número de checkouts. O número de viagens de veículos de carga foi utilizado como variável dependente. Na comparação entre os modelos, os resultados obtidos por meio das equações desenvolvidas neste trabalho preveem com mais eficácia o número de viagens geradas, ao passo que os modelos encontrados na literatura apresentam resultados significativamente distantes dos números reais. Tal comparação destaca a importância de estudos nessa área, de forma a considerar as especificidades de cada localidade na utilização de modelos de geração de viagens de carga.

## **ABSTRACT**

In this paper we present freight trip generation models for supermarkets located in Palmas-TO. All information was collected from 53 commercial establishments located in several areas of the city. The models were developed using generalized linear regression. The independent variables selected to create the models were the total built area, sales area, storage area, number of employees, and number of check-outs. The daily number of freight trips was used as the dependent variable. Comparing the models, the results obtained through the equations developed in this work predict more effectively the number of trips, while the models found in the literature present results significantly distant from the actual figures. This comparison highlights the importance of studies in this area, to consider the specificities of each locality in the use of freight trip generation models.

## **1. INTRODUÇÃO**

A movimentação urbana de cargas desempenha papel importante no âmbito do sistema urbano de transportes e, por isso, demanda indispensável cuidado por parte das autoridades públicas. Um planejamento apropriado dessa movimentação é fator coadjuvante na conquista de inúmeras melhorias nos mais diversos setores envolvidos, bem como na eficiência do sistema de transporte de um modo geral (MARRA, 1999).

O transporte de cargas não só acompanha o crescimento das cidades, como também é fator decisivo no desdobramento de muitas atividades essenciais, como no caso da reposição de mercadorias nos estoques de empreendimentos comerciais. Em função do porte e perfil de atividades, muitos desses empreendimentos se caracterizam como Polos Geradores de Viagem (PGV). Essa denominação é dada a todo empreendimento que atrai ou produz considerável número de viagens, devido à sua atratividade e oferta de bens e serviços, e que venham, ou não, causar impactos negativos na circulação em seus arredores.

O desenvolvimento de metodologias que quantifiquem o número de viagens geradas pelos PGVs pode contribuir diretamente no gerenciamento da mobilidade nas adjacências desses empreendimentos, podendo inclusive gerar práticas de referência na implantação de futuros

polos. É por meio da aplicação de modelos de geração de viagens que podem ser sugeridas medidas compatíveis com os problemas encontrados, no intuito de prevenir, solucionar ou abrandar os impactos causados pela instalação de um polo gerador de viagens (SILVA, 2006). Neste artigo, o foco da análise será direcionado à geração de viagens de carga atraídas por supermercados, denominados assim como Polos Geradores de Viagens de Carga (PGV Carga). Em um supermercado, é relevante a quantidade e a variedade de bens comercializados e, devido a isso, a contínua reposição desses itens é também parte integrante do processo de comercialização. Dessa forma, esse segmento é claramente um exemplo de PGV com significativo número de viagens de carga geradas em função de sua instalação.

Conforme afirma Silva (2006), a instalação de polos geradores de viagens deve ser controlada para assegurar adequação às diretrizes de uso do solo da região e minimizar seus impactos. Ainda, esse autor afirma que é de responsabilidade dos órgãos públicos ter conhecimento de como o empreendimento pode impactar o ambiente em seu entorno, e só após essa análise prévia, autorizar sua instalação. Tal preocupação se justifica pelo fato de que qualquer empreendimento que tenha potencial atrativo suficiente para gerar uma quantidade expressiva de viagens pode favorecer o agravamento dos problemas observados no tráfego, bem como desencadear a ocorrência de problemas não presumidos.

Segundo Silva (2006), para que se chegue a um modelo de geração de viagens compatível com a realidade dos supermercados brasileiros, é necessário que sejam consideradas as peculiaridades das cidades em que se localizam, o que reforça a importância do estudo de forma específica em cada localidade. Além disso, de acordo com Souza *et al.* (2010), existe um número muito mais expressivo de estudos internacionais do que nacionais. Tal constatação reafirma o fato de que a maioria dos modelos existentes tem grande chance de não gerar resultados que representem de forma fidedigna a realidade do PGV Carga em estudo.

O Tocantins é o estado mais novo do Brasil, instalado pela Constituição Federal de 1988, e dessa forma seu desenvolvimento envolve a consolidação de setores como agronegócios, transportes, comércio varejista e atacadista, distribuição de produtos, entre outros. Nesse contexto, Palmas, capital e a maior cidade do estado, estrategicamente centralizada, é também um centro administrativo e econômico em que o principal setor é o de serviços. Por sua localização, próxima à rodovia BR-153, além de ser cortada pelas rodovias BR-010 e TO-050, Palmas se tornou uma cidade-polo, com acesso às principais cidades do estado, trazendo ao município importante influência socioeconômica que abrange além de todo o estado, as regiões do sudeste do Pará, nordeste do Mato Grosso, sul do Maranhão e centro-sul do país. A cidade atraiu, em suas primeiras décadas de existência, inúmeros investimentos no setor supermercadista, recebendo grandes empresas de renome nacional como, também, proporcionando o surgimento de redes locais varejistas e atacadistas.

Diante deste cenário, neste artigo são apresentados modelos de geração de viagens de carga para supermercados aplicável à cidade de Palmas-TO. Dessa maneira, os modelos apresentados neste estudo podem nortear as políticas de uso e ocupação do solo, sobretudo em áreas ainda não ocupadas do município, visando diminuir ou até mesmo eliminar possíveis impactos causados. Destaca-se a importante contribuição deste artigo para o desenvolvimento de análises futuras de impactos gerados por empreendimentos dessa natureza na cidade de Palmas-TO, ao passo que os modelos gerados representam de forma fiel a realidade local, em

detrimento de outros modelos encontrados na literatura, podendo ainda ser representativo para cidades com características semelhantes. Além disso, este artigo utiliza a regressão linear generalizada como técnica para estimativa da geração de viagens de carga, ainda pouco explorada na literatura.

## 2. MODELOS DE GERAÇÃO DE VIAGENS DE CARGA EM SUPERMERCADOS NA LITERATURA

O estudo de supermercados como PGV ainda é pouco explorado e a produção científica com relação à geração de viagens por esses polos é escassa. Na literatura, na maioria dos trabalhos encontrados, os modelos existentes não são voltados especificamente para o transporte de cargas, restringindo ainda mais a existência de modelos a serem estudados. Os modelos aqui apresentados são aqueles encontrados na literatura que descrevem, de forma restrita, a geração de viagens de carga em empreendimentos dessa natureza. Para cumprir o objetivo de um modelo de geração de viagens, são empregados métodos matemáticos que buscam uma relação entre o número de viagens ou volume de carga observados (variáveis dependentes), com os vários fatores que influenciam tais aspectos (variáveis explicativas ou independentes), fornecendo, dessa forma, as estimativas necessárias à área de planejamento de transportes (FERREIRA, 2016).

No Quadro 1, os modelos escolhidos são apresentados com suas respectivas referências de autoria, ano de publicação, variáveis dependentes e independentes consideradas no estudo, equação de geração de viagens e o fator R<sup>2</sup> correspondente. Tais modelos possuem diferentes características, principalmente pelos aspectos específicos que eles dispõem para explicar a geração de viagens de carga. Essa diferenciação entre os modelos se dá principalmente pelo fato de terem sido estudados e propostos em diferentes localidades, que em suas particularidades, corroboram para que sejam encontrados diferentes resultados.

**Quadro 1:** Modelos de Geração de Viagens encontrados na literatura.

Autor	Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R <sup>2</sup>
Gasparini (2008)	Volume de veículos no dia pico (y)	– Vagas de estacionamento (x1) – Número de funcionários (x2)	$y = 2,63 + 0,00172x_1 + 0,00867x_2$	0,52
Gasparini (2008)	Volume total de viagens (Vt)	– Volume médio de clientes (Vmdc) – Número de empregados (Ne) – Vagas de estacionamento (Ve)	$V_t = 7,347 + 0,00086V_{mdc} + 0,7121N_e$	0,754
			$V_t = 14,393 + 0,02147V_e + 0,00115V_{mdc}$	0,68
Melo (2002)	Número de viagens (y)	– Área construída (X)	$y = 1,1522 + 0,012X$	0,56
ITE (1997 apud Portugal e Goldner, 2003)	Taxa média de viagens geradas por unidade de tempo (y)	– Área construída (X)	$y = 0,870\ln X + 2,902$	0,77
Silva et al. (1995)	Número de viagens (y)	– Área total construída (X)	$y = 0,0504X$	-

Autor	Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R <sup>2</sup>
Oliveira <i>et al.</i> (2016)	Viagens geradas (V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área Bruta Construída (ABC)</li> <li>- Número de vagas de estacionamento (NV)</li> <li>- Número de checkouts (NC)</li> </ul>	$V = 0,062ABC$	0,81
			$V = 4,41NV$	0,80
			$V = 30,1NC$	0,68
			$V = 0,036ABC + 1,932NV$	0,82
			$V = 0,12ABC - 103,87NC + 1,095$	0,88

Nenhum desses modelos considerou o volume de cargas como uma variável dependente. Ao invés disso, foi utilizado o número de viagens de carga em todos eles. Segundo Ferreira (2016), 84% dos modelos de geração de viagens observados na literatura utilizam o número de viagens como variável dependente, e apenas 16% adota o volume de carga.

Apesar de diferentes autorias e o fato de terem sido desenvolvidos em diferentes localidades, os modelos apresentam semelhanças quanto às variáveis independentes selecionadas para explicar o fenômeno de geração de viagens. A área construída aparece como a variável independente mais utilizada, aparecendo em quatro dos onze modelos (SILVA *et al.* 1995; MELO, 2002; ITE 1997 apud PORTUGAL e GOLDNER, 2003; OLIVEIRA *et al.* 2016). Vale observar que em mais da metade dos modelos foi feito uso da regressão linear múltipla, ou seja, em suas equações são utilizadas duas ou mais variáveis independentes para explicar a variável dependente. Nos modelos apresentados, aparecem também, como variáveis preditivas, o número de vagas de estacionamento (GASPARINI, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2016), o número de funcionários, volume médio de clientes (GASPARINI, 2008) e o número de checkouts (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

### 3. METODOLOGIA

O estudo desenvolvido neste trabalho é exploratório de caráter indutivo, utilizando-se de técnicas quantitativas para obtenção dos dados e resultados. Este estudo é também um estudo de caso, permitindo o conhecimento das dificuldades enfrentadas nos procedimentos de descarga em supermercados localizados em Palmas, relacionadas à infraestrutura disponível, tanto no sistema viário local como no próprio empreendimento. A pesquisa foi desenvolvida seguindo as seguintes etapas: (i) definição de variáveis, (ii) definição da amostra para coleta de dados e obtenção de dados, (iii) desenvolvimento do modelo de geração de viagens de carga em supermercados de Palmas e (iv) validação dos modelos e discussão das limitações.

#### 3.1. Definição de variáveis e obtenção de dados

O primeiro passo para desenvolvimento desse estudo foi identificar quais entre as diversas particularidades dos supermercados poderiam ser utilizadas com variáveis na construção de um modelo que auxiliasse na compreensão do fluxo de cargas. O formulário elaborado a partir de Lopes (2018) e aplicado nos estabelecimentos possibilitou o conhecimento dos supermercados quanto a sua estrutura e funcionamento.

Os dados coletados por meio do formulário foram divididos em um total de quatro seções, sendo elas: (i) identificação do supermercado e entrevistado, (ii) características do supermercado, (iii) operações de carga e descarga no supermercado e (iv) geração de viagens de veículos de carga pelo supermercado. Entre os dados coletados, os principais foram: área total construída, área de vendas, área de armazenagem, área destinada a carga e descarga, número de docas, número de funcionários, estrutura de armazenagem, tempo médio de

operações de descarga, número médio de clientes por dia, horários com maior fluxo de veículos de carga e, por fim, o número de viagens de carga geradas por dia, subdividido em três categorias, de acordo com as informações fornecidas pelos entrevistados: “mínimo de viagens de veículos de carga geradas pelo supermercado” (MINV), “média de viagens de veículos de carga geradas pelo supermercado” (MEDV) e “máximo de viagens de veículos de carga geradas pelo supermercado” (MAXV) .

### **3.2. Definição da amostra para coleta de dados**

Esta etapa consistiu em definir os aspectos que direcionariam a coleta de dados, definindo os estabelecimentos que serviriam de amostra. Palmas é uma cidade de médio porte, com uma população em constante crescimento, e a expansão de empreendimentos no ramo supermercadista vem acompanhando esse ritmo. Por esse motivo, é grande a quantidade de estabelecimentos varejistas e atacadistas, de portes diversos, distribuídos pelas várias áreas da cidade, buscando alcançar cada vez mais um número maior de consumidores.

O ponto de partida para a seleção dos supermercados que fariam parte da pesquisa foi o Cadastro Municipal de Contribuintes, disponibilizado pela Prefeitura de Palmas. Esse cadastro consiste em um banco de dados que contém informações dos contribuintes cadastrados, como área construída dos estabelecimentos, endereço, setor de atuação e código da atividade que exercem de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). Na planilha em que estão contidas tais informações, foi feita uma seleção inicial, eliminando todos os estabelecimentos que não fossem enquadrados nos códigos atribuídos a supermercados (área de vendas entre 300 e 5000 m<sup>2</sup> - código 4711302) e hipermercados (área de venda superior a 5000 m<sup>2</sup> - código 4711301), estabelecidos pela CNAE. Durante a definição do universo amostral, prezou-se por tomar um número suficiente de supermercados que contemplasse diferentes portes, observando a distribuição espacial dos estabelecimentos no município.

Entretanto, ao fazer essa seleção, foi possível notar a ausência, no cadastro municipal, de alguns empreendimentos que possuem evidente participação no mercado local. Além dessa verificação, foram eliminados estabelecimentos classificados de forma indevida que não se enquadram na esfera de empreendimentos supermercadistas. Também foram suprimidos estabelecimentos com informações de área e endereço incompletas ou ausentes.

A lista definitiva de empreendimentos em que foram coletadas as informações, foi composta em parte pelo Cadastro de Contribuintes, sendo complementada por estabelecimentos identificados por meio de pesquisa no site de busca Google. Ainda assim, alguns supermercados identificados possuíam endereço incorreto ou não se encontravam mais em operação, sendo, portanto, excluídos da lista. Outros foram identificados, visitados e incluídos na lista durante os trajetos feitos no processo de visitação dos demais. Apenas um dos empreendimentos previamente listados não aceitou participar da pesquisa e o número final da amostra foi de 53 supermercados, número suficiente para desenvolvimento de modelos de geração e superior ao empregado em modelos existentes. Em uma síntese dos modelos de geração de viagens de carga no Brasil, Oliveira *et al.* (2016) apresentam, por exemplo, estudos voltados para supermercados que utilizaram um espaço amostral variando de 7 a 43 estabelecimentos.

A coleta dos dados foi realizada no decorrer do mês de abril de 2018. Apenas três

supermercados da amostra, pertencentes à mesma rede varejista, apresentaram números com base em registros do seu sistema de gestão, sendo esses números referentes às movimentações no mês de março de 2018. Nos demais supermercados, os números fornecidos e demais informações não fazem menção a um período específico do ano, sendo baseados na experiência administrativa dos entrevistados e conhecimento do funcionamento do estabelecimento.

### **3.3. Desenvolvimento do modelo de geração de viagens de carga**

Para o desenvolvimento de um modelo de geração de viagens para Palmas foi empregado o método de análise de regressão linear generalizada, empregando-se as variáveis explicativas testadas que apresentaram maior correlação com a variável dependente.

#### *3.3.1. Análise da correlação*

A etapa de análise de correlação consistiu em uma revisão preliminar, em que foram removidas as variáveis consideradas pouco explicativas, restando apenas aquelas que pudessem ser utilizadas para explicar a geração de viagens de carga. Esse procedimento tem por objetivo medir o grau de relacionamento entre as variáveis estudadas, seja entre as variáveis independentes com a variável dependente, ou em pares de variáveis explicativas. Dentro do presente estudo, esta etapa facilitou a continuidade das seguintes, para que não fossem levadas à diante informações pouco representativas estatisticamente.

Foram consideradas, nesse estudo, apenas as variáveis independentes que possuíssem, com relação à variável dependente, um grau de correlação de Pearson com módulo igual ou superior a 0,5, assegurando a colinearidade entre elas. Além disso, na construção dos modelos, não foram combinadas em uma mesma equação as variáveis independentes que possuíssem entre si uma colinearidade superior a 0,5.

#### *3.3.2. Regressão Linear Generalizada e validação das equações*

Na criação de modelos de geração de viagens de carga a partir de supermercados em Palmas, foi utilizado o Modelo Linear Generalizado (MLG) com distribuição de erros binomial negativa. Essa distribuição é aplicada em casos onde, com a distribuição de Poisson ou quasi-Poisson, os dados de contagem possuem forte sub ou sobredispersão (O'HARA e KOTZE, 2010). Segundo Diniz e Thiele (2018), esse tipo de modelo representou um importante avanço na modelagem de regressão, pois consiste em uma flexível generalização dos modelos lineares tradicionais. Tal aprimoramento permite que a variável dependente possua mais distribuições de erros além da gaussiana (normal), fazendo com que ela possa ser analisada dentro da família exponencial de distribuições (NELDER e WEDDERBUNR, 1972). Além disso, Al-Skoby e Ramadan (2015) asseguram que, em comparação com resultados de outros modelos, o MGL é simples, preciso, confiável, e, principalmente, pode ter várias aplicações na área de Transportes, incluindo a geração de viagens.

A validade de cada uma das equações foi aferida pelo teste-z, em que os valores deveriam ser superiores a 1,96, considerando o nível de confiança de 95%. Para que, dentre as 15 equações modelo obtidas, fossem selecionadas as equações com melhor ajuste, considerou-se o Critério de Informação de Akaike (AIC). De acordo com Diniz e Thiele (2018), essa técnica para seleção de modelos é bastante útil quando se trabalha com um número maior de variáveis independentes. A abordagem consiste em selecionar como o melhor modelo, aquele com o menor valor de AIC, indicando que este possui maior parcimônia e é mais fiel à base empírica

dos dados.

### **3.4. Validação dos modelos e discussão das limitações**

Por fim, baseando-se nos dados coletados, foi feita uma comparação dos números reais com as previsões feitas por cada um dos modelos disponíveis na literatura, apresentados neste trabalho, e pelos modelos obtidos para Palmas-TO. Foi possível perceber as diferenças entre cada modelo, discutir suas possíveis limitações e mostrar a importância que o estudo local do fenômeno de geração de viagens tem, de maneira que cada localidade, com suas especificidades, se comporta de maneira diferente.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir do processo de identificação dos supermercados e obtenção das informações pertinentes ao funcionamento, estrutura, e geração de viagens em cada um deles, foi possível compreender não só a dinâmica da movimentação de veículos de carga, como também analisar o perfil dos estabelecimentos desse segmento econômico na cidade. Os resultados obtidos fornecem modelos para a previsão de geração de viagens de veículos de carga em supermercados de portes variados em Palmas, bem como sugerem modificações quanto às exigências apresentadas quando na instalação de futuros empreendimentos do setor.

### **5.1. Caracterização do perfil dos supermercados**

O número de supermercados que compõe o universo amostral da pesquisa é 53. Foram visitados estabelecimentos em diversas áreas da cidade, contemplando as regiões do Plano Diretor Norte, Plano Diretor Sul e Expansão Sul, a fim de que as informações coletadas não se restringissem a uma única localidade. Entre os estabelecimentos pesquisados, 24 deles, representando 45% da amostra, estão localizados em vias locais, geralmente no interior de quadras. Dentro desse percentual, 67% são estabelecimentos com menos de 500 m<sup>2</sup> de área total construída. Outros 40% da amostra total localizam-se em vias arteriais, e os 15% restantes em vias coletoras da cidade.

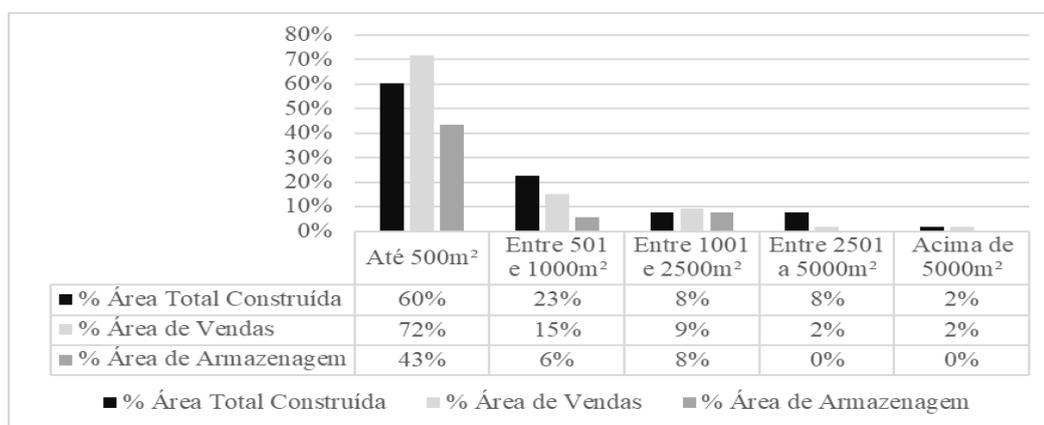
Analisar a localização dos supermercados com relação à hierarquização das vias se faz importante, principalmente, quando são observados os pré-requisitos para obrigatoriedade de estudos e relatórios de impacto de vizinhança (EIV). Por meio deste trabalho, observou-se que é expressiva a quantidade de estabelecimentos que, apesar do porte inferior ao mínimo definido pela lei municipal (Lei Complementar nº 245, de 2012) para obrigatoriedade de EIV (2500 m<sup>2</sup>), são responsáveis por números de viagens de carga consideravelmente impactantes. Neste sentido, é importante ressaltar que entre os supermercados localizados em vias locais e que possuem menos de 500 m<sup>2</sup> de área, o número de viagens de carga observadas pode chegar a 8 por dia. Tal cenário implica na circulação de veículos de carga, de diversos portes, no interior de quadras e áreas residenciais, com estrutura viária incompatível ao solicitado.

A maioria dos estabelecimentos pesquisados (64%) está em operação há no máximo 10 anos e dentre os demais, apenas 4% tem um tempo de funcionamento superior a 20 anos. É uma característica absoluta dentro do universo amostral, que os supermercados funcionem além do horário comercial convencional (08h00 às 18h00), e é quase uma totalidade (91%) o funcionamento nos sete dias da semana.

A média de área total construída dos supermercados visitados é de 960,64 m<sup>2</sup>, no entanto, mais da metade (60%) possui menos de 500 m<sup>2</sup>. Um percentual de 43% dos locais visitados

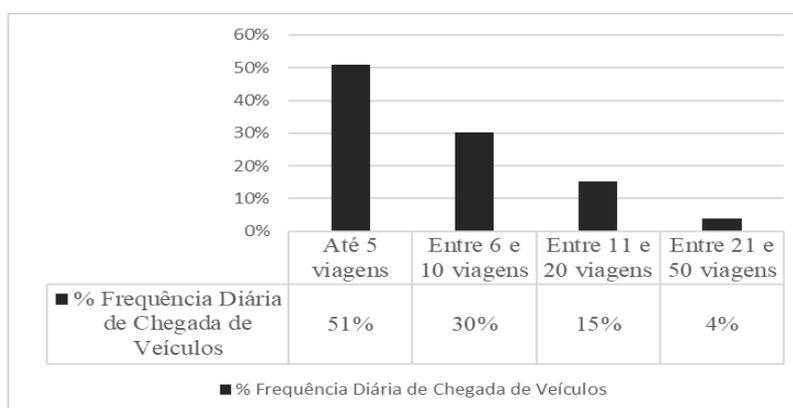
não dispõe de estrutura de armazenagem de mercadorias, adotando uma dinâmica de funcionamento em que todas as mercadorias que chegam ao estabelecimento partem diretamente para as prateleiras. Outros 43% da amostra total possuem depósitos com até 500 m<sup>2</sup>, sendo a média de área de armazenagem entre eles de 617,60 m<sup>2</sup>. Apenas os 14% restantes estão compreendidos na faixa de área de armazenagem acima de 500 m<sup>2</sup>. Na Figura 1 é apresentado o percentual de supermercados por área total construída e área total destinada à armazenagem.

Observou-se que dentre os 53 supermercados visitados, apenas 5 possuem área interna destinada aos processos de descarga, resultando um percentual de 91% de estabelecimentos que executam suas operações de descarga na via pública na grande maioria dos casos. Entre aqueles que possuem área própria para esse tipo de procedimento, o tamanho médio corresponde a 839,20 m<sup>2</sup>. Ainda com relação aos procedimentos de descarga, o tempo médio dedicado a essas operações é de aproximadamente 47 minutos.



**Figura 1:** Percentual de supermercados por área total construída, área de vendas e área de armazenagem.

O maior número de checkouts observado nos supermercados visitados é da ordem de 28, no entanto, a média por estabelecimento é de apenas 5, sendo esse o número máximo em 83% da amostra. O número médio de funcionários por supermercado é 35, sendo que em 49% dos estabelecimentos esse número não passa de 10 pessoas. O número médio de viagens de carga geradas pelos supermercados pesquisados é de 8 por dia, sendo que a grande maioria (51%) não recebe mais do que 5 entregas diariamente. Na Figura 2 é apresentado o percentual de supermercados para cada uma das faixas de número de veículos recebidos ao dia.



**Figura 2:** Percentual de supermercado por frequência diária de veículos de carga recebidos.

Os estabelecimentos foram questionados também quanto aos horários com maior frequência de chegada de veículos de carga. Um percentual de 60% dos estabelecimentos visitados informou que não há um horário preferencial para o recebimento de mercadorias, e que o processo ocorre de forma distribuída ao longo do dia. Dos 40% restantes, que informaram haver um horário de pico para chegada de veículos de carga, 52% informou que é no período da manhã, entre 06h00 às 11h00 que ocorre o maior número de entregas.

## **5.2. Modelos de geração de viagens de carga**

Inicialmente foi analisado o nível de correlação entre as variáveis independentes e a variável dependente, no intuito de conhecer as variáveis explicativas com maior influência sobre a variável resposta. É importante ressaltar que também foi analisada a correlação em pares de variáveis independentes, de maneira que aquelas que apresentaram um alto grau de correlação entre si (módulo do coeficiente de correlação maior ou igual a 0,5), não foram utilizadas em um mesmo modelo.

Conforme apresentado na seção de revisão da literatura, as variáveis dependentes mais utilizadas nos modelos encontrados na bibliografia, na construção de modelos de geração de viagens, são o número de viagens de carga geradas pelo polo, ou o volume de cargas recebido. Embora o intuito inicial deste trabalho fosse a exploração de ambas as variáveis, somente o número de viagens de carga foi coletado nas entrevistas, pois o volume de mercadorias recebido pelos estabelecimentos não é uma informação comumente documentada pelos funcionários entrevistados, inviabilizando, assim, essa análise.

Ao fim das análises, foram definidas cinco variáveis explicativas, válidas na construção de modelos para cada uma das três variáveis dependentes, sendo elas a área total construída ( $m^2$ ) (ACONST), área total de vendas ( $m^2$ ) (AVEND), área total de armazenagem ( $m^2$ ) (AARM), número de funcionários (NFUNC) e número de checkouts (NCHECK). Tais variáveis apresentaram grau de correlação de Pearson maior que 0,5 com relação à variável dependente. Apesar de apresentarem um grau de correlação satisfatórios, as variáveis “número de docas”, “área interna destinada a carga e descarga” foram eliminadas do estudo pois são aspectos influenciados diretamente pelo número de veículos de carga que os supermercados recebem, e comumente planejadas em função desse número.

Todas as variáveis independentes apresentaram entre si uma colinearidade alta, e, dessa forma, não foram testados modelos de regressão linear múltipla, sendo consolidadas 15 equações de geração de viagens para os supermercados de Palmas-TO.

No Quadro 2 é apresentada, para cada uma das combinações de variáveis, os valores de intercepto e coeficientes, utilizados na construção dos modelos. Observa-se também que todos os modelos foram considerados válidos pelo teste-z (módulo  $>1,96$ ), e a combinação com menor valor de AIC foi destacada, de modo a identificar que esta é a equação com melhor ajuste na previsão da variável dependente em questão. Todos os valores apresentados abaixo foram obtidos por meio de análises feitas no *software* R.

Em suma, para a determinação do número mínimo de viagens geradas por veículos de carga em supermercados de Palmas, o modelo “*minv.glm1*”, representado pela Equação 1, é o mais adequado e considera a área total construída do estabelecimento ( $m^2$ ). Na sequência, para

prever o número médio e o número máximo de viagens, os modelos mais adequados são respectivamente o “medv.glm4”, representado pela Equação 2, e o modelo “maxv.glm4”, representado pela Equação 3, ambos utilizando a variável número de funcionários como preditiva.

$$\text{MINV} = e^{(1,5030 + 0,000205 * ACONST)} \quad (1)$$

$$\text{MEDV} = e^{(1,7317 + 0,006264 * NFUNC)} \quad (2)$$

$$\text{MAXV} = e^{(1,9065 + 0,006257 * NFUNC)} \quad (3)$$

Vale ressaltar que a indicação das três equações acima se baseia em parâmetros estatísticos, no entanto, todos os modelos apresentados são válidos e podem ser utilizados na previsão de viagens, onde cada um deles utiliza uma variável independente diferente. Nesse sentido, considerando uma situação prática, quando na instalação de um novo empreendimento, poderá ser utilizada a equação que mais se adequa aos dados que se têm em mãos. É comum, por exemplo, que a área total construída seja o dado de mais fácil obtenção, pois é algo já previsto em projeto, conduzindo, portanto, à utilização do modelo que faz uso dessa variável.

**Quadro 2:** Modelos de geração de viagens de veículos de carga utilizando modelo linear generalizado

Modelo	Variável dependente	Variável independente	Valor do intercepto	Valor do coeficiente	teste-z: intercepto	teste-z: variável independente	AIC
minv.glm1	Mínimo de viagens de veículos de carga geradas pelo supermercado	Área total construída (m <sup>2</sup> )	1,5030	0,000205	14,47	4,77	279,8
minv.glm2		Área total de vendas (m <sup>2</sup> )	1,5030	0,000306	14,02	4,48	281,67
minv.glm3		Área total de armazenagem (m <sup>2</sup> )	1,5890	0,000366	15,44	4,12	284,8
minv.glm4		Número de funcionários	1,4793	0,006500	13,18	4,43	282,64
minv.glm5		Número de <i>check-outs</i>	1,4089	0,067660	11,48	4,38	283,11
medv.glm1	Média de viagens de veículos de carga geradas pelo supermercado	Área total construída (m <sup>2</sup> )	1,7920	0,000190	20,09	5,14	295,56
medv.glm2		Área total de vendas (m <sup>2</sup> )	1,7940	0,000281	19,34	4,74	298,2
medv.glm3		Área total de armazenagem (m <sup>2</sup> )	1,8750	0,000333	20,89	4,27	302,22
medv.glm4		Número de funcionários	1,7517	0,006264	18,66	5,17	295,44
medv.glm5		Número de <i>check-outs</i>	1,6884	0,064470	16,38	5,00	296,58
maxv.glm1	Máximo de viagens de veículos de carga geradas pelo supermercado	Área total construída (m <sup>2</sup> )	1,9550	0,000187	21,45	4,74	314,64
maxv.glm2		Área total de vendas (m <sup>2</sup> )	1,9580	0,000275	20,71	4,38	317,06
maxv.glm3		Área total de armazenagem (m <sup>2</sup> )	2,0410	0,000320	22,34	3,89	321,03
maxv.glm4		Número de funcionários	1,9065	0,006257	20,40	5,06	312,29
maxv.glm5		Número de <i>check-outs</i>	1,8450	0,064080	17,93	4,87	313,51

No intuito de comparar os resultados obtidos com os modelos gerados, com os existentes na literatura (Quadro 1), aplicaram-se os modelos aos dados coletados de um supermercado. Os modelos de Melo (2002) e ITE (1997, apud Portugal e Goldner 2003) apresentaram resultados próximos do número real observado, especificamente no estabelecimento analisado. Para confirmar se estes são modelos adequados para a realidade de Palmas, foi calculado o número de viagens gerado para cada supermercado a partir dos modelos citados e do modelo *medv.glm1*, que também utiliza como variável explicativa a área construída. Os resultados são apresentados na Tabela 1. O modelo de ITE (1997, apud Portugal e Goldner 2003) mostrou maior correspondência com os dados observados, porém seu erro acumulado total é um pouco superior ao do modelo *medv.glm1*.

**Tabela 1:** Número total de viagens diárias de carga observado e estimado para os estabelecimentos pesquisados.

	Observado	Mev.glm1	ITE (1997, apud Portugal e Goldner, 2003)	Melo (2002)
Número total de viagens médias diárias	401	421	434	672
Erro		5%	8%	68%

Quanto aos modelos que apresentaram resultados muito distantes do real, vale ressaltar que foram estudados em diferentes localidades, com um universo amostral distinto, influenciando diretamente nos resultados. Cabe observar que, embora os estabelecimentos pesquisados contemplem estabelecimentos com área até maior que 5.000 m<sup>2</sup>, a maioria (60%) corresponde a supermercados com área construída total inferior a 500 m<sup>2</sup>, sendo que esse perfil pode justificar também a diferença observada em relação aos modelos apresentados na literatura. A partir do observado, reforça-se a importância do estudo de geração de viagens considerando as especificidades de cada local, bem como as características de cada empreendimento. Um universo amostral maior gera, consequentemente, modelos que representam em seus resultados um número expressivo de polos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os dados coletados nos 53 supermercados visitados na cidade de Palmas-TO, foram desenvolvidos 15 modelos de geração de viagens de carga. O método utilizado para construção destes modelos foi a regressão linear generalizada com auxílio do *software R*.

Entre os 15 modelos gerados, dá-se destaque a três deles, sendo cada um responsável por prever os números mínimo, médio e máximo de viagens de carga, respectivamente, geradas pelos supermercados da cidade. Os três modelos foram selecionados com base no critério de informação de Akaike (AIC), em que o menor número entre os modelos de cada um dos grupos (mínimo, médio e máximo de viagens), caracterizou o modelo como melhor ajustado às condições analisadas.

Dessa maneira, é possível afirmar que os modelos gerados e testados estatisticamente, podem ser utilizados na previsão de viagens de carga em estabelecimentos já instalados, bem como para futuros empreendimentos na cidade. Entre os modelos encontrados na literatura, o proposto por ITE (1997, apud Portugal e Goldner 2003) foi o que apresentou melhores resultados para Palmas, podendo também ser utilizado em supermercados locais. Ressalta-se, portanto, a importância deste tipo de estudo de forma específica em cada localidade, levando

em consideração suas especificidades. Tal afirmativa pôde ser claramente observada na comparação dos modelos já existentes na literatura com aqueles que foram gerados como resultado do presente estudo, sendo notada uma expressiva diferença entre os valores previstos por cada um dos modelos. Portanto, os modelos criados com base na realidade local se mostram mais eficazes do que modelos encontrados na literatura.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Sobky, A-S. A.; Ramadan, I.M.I. (2015) A Generalized Piecewise Regression for Transportation Models. *International Journal of Computer Applications*, Vol. 129, No. 17, p. 16-22.
- Diniz, E. S.; Thiele, J. (2018) *Modelagem de Regressão no R: Aplicações em análises de vegetação*. [S.l.]: Novas Edições Acadêmicas, 76 p.
- Ferreira, B. L. G (2016) *Análise de Geração de Viagens de Carga em Áreas Urbanas*. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Gasparini, A. (2008) *Atratividade do Transporte de Carga Para Pólos Geradores de Viagem em Áreas Urbanas*. 256 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- Lopes, G. P. (2018) *Caracterização e análise da localização das instalações logísticas para entrega urbana em Belo Horizonte*. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- Marra, C. (1999) *Caracterização de demanda de movimentações urbanas de cargas*. 2000. 165 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- Melo, I. C. B. (2002) *Avaliação de demanda por transporte de carga em áreas urbanas*. 2002. 173 p. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- Nelder, J. A.; Wedderburn, R.W.M. Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society*, A, 135, p. 370-384. 1972.
- O'hara, R. B.; Kotze, D. J. (2010) Do not log-transform count data. *Methods in Ecology and Evolution*. vol.1, pp.118-122, doi: 10.1111/j.2041-210X.2010.00021.x
- Oliveira, L.K; Oliveira, R. L. M; Ramos, C. M. F.; Ebias, D. G. (2016) Modelo de geração de viagens de carga em áreas urbanas: um estudo para bares, restaurantes e supermercados. *Transportes*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p.53-67.
- Palmas. Lei complementar n.º 245, de 17 de fevereiro de 2012. Dispõe sobre a regulamentação e aplicação do Estudo de Impacto de Vizinhança - EIV e respectivo Relatório de Impacto de Vizinhança - RIV, na forma que especifica. Palmas, TO: Câmara Municipal de Palmas, 2012.
- Portugal, L. S.; Goldner, L. G. (2003) *Estudo de polos geradores de tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes*. São Paulo: Editora Edgard Blücher.
- Silva, A. N. R.; Rodrigues, M. O.; Pampolha, V. M. P (1995). Uma proposta para determinação do número de vagas para estacionamento em supermercados em função do nível de serviço desejável. In: *IX ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*. São Carlos – SP.
- Silva, L. R. (2006) *Metodologia de delimitação da área de influência dos pólos geradores de viagens para estudos de geração de viagens: um estudo de caso nos supermercados e hipermercados*. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- Souza, C. D. R.; Silva, S. D.; D'agosto, M. A. (2010) Modelos de geração de viagem para pólos geradores de viagens de cargas. *Transportes*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p.46-57.