



Rede Íbero-Americana de Estudo em
Pólos Geradores de Viagens



CADERNOS

Polos Geradores de Viagens Orientados à Qualidade de Vida e Ambiental

Modelos de Geração de Viagem
para Pólos Geradores de Viagens de Cargas

<http://redpgv.coppe.ufrj.br>



Rede Ibero-Americana de Estudo em
Pólos Geradores de Viagens



Márcio de Almeida D'Agosto
Cristiane Duarte Ribeiro de Souza
COPPE/UFRJ

Vania Barcelos Gouvêa Campos
IME

Versão Preliminar
Agosto 2010

CADERNOS

Polos Geradores de Viagens **Orientados à Qualidade de Vida e Ambiental**

Modelos de Geração de Viagem
para Pólos Geradores de Viagens de Cargas

Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto “Rede Sulamericana em Transportes: Estudo em Pólos Geradores de Viagens sintonizados com a Qualidade de Vida”, Edital MCT/CNPq 05/2007 – PROSUL.

Ao CNPq e à Faperj pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do projeto “Núcleo de Pesquisa em Pólos Geradores de Viagens e de seus Impactos orientados à Qualidade de Vida e ao Desenvolvimento Integrado” (Proc. n.º 170.001/2008), que foi aprovado pelo Programa de Apoio aos Núcleos de Excelência (Pronex) - ano de 2006.

Aos membros da “Rede Ibero-Americana de Estudos em Pólos Geradores de Viagens” pela sua dedicação e compromisso com a produção e divulgação do conhecimento, permitindo a sua sistematização e facilitando o desenvolvimento deste Caderno.

À Marcela Rubert pelo trabalho qualificado e cuidadoso de revisão e formatação desta Publicação.

Ao Setor de Programação Visual da COPPE/UFRJ pela produção da capa e competência em buscar expressar graficamente alguns elementos principais que compõem o contexto desta pesquisa.

À todos os pesquisadores que vêm colaborando de diferentes formas e através de diferentes veículos, como pelo site <http://redpgv.coppe.ufrj.br>, sendo fundamentais para fortalecer e garantir a manutenção deste projeto coletivo.

Apresentação

A “Rede Ibero-Americana de Estudos em Pólos Geradores de Viagens” e o seu “Núcleo de Pesquisa em Pólos Geradores de Viagens e de seus Impactos orientados à Qualidade de Vida e ao Desenvolvimento Integrado” têm como um dos seus objetivos a produção de cadernos temáticos que tratam dos modelos e das taxas de geração de viagens de determinados tipos de equipamentos e empreendimentos. Esses cadernos foram organizados em quatro grandes módulos, conforme estrutura de temas apresentada a seguir.

Módulo I

Introdução e Contextualização dos PGVs

1. Caracterização dos PGVs
2. Processo de Licenciamento
3. Geração de Viagens: Introdução Teórica e Recomendações Práticas

Módulo II

Modelos e Taxas de Geração de Viagens de Automóveis

4. Os *Shopping Centers* como Pólos Geradores de Viagens: Modelos e Taxas de Geração de Viagens
5. Estabelecimentos Institucionais
6. Estabelecimentos Residenciais
7. Os Hotéis como Pólos Geradores de Viagens
8. Terminal – Porto, Aeroporto, Rodoviária e Estação Metro-ferroviária
9. Estabelecimentos de Ensino
10. Hospitais
11. Hipermercados: Caracterização e Modelos de Geração de Viagens
12. Escritório – Torres: Caracterização e Modelos de Geração de Viagens
13. Pólos Múltiplos: Caracterização e Modelos de Geração de Viagens
14. Eventos Especiais e Temporários: Megaeventos Esportivos
15. Centros e Subcentros Urbanos: Padrões e Modelos de Viagens e Estacionamento

Módulo III

Modelos e Taxas de Geração de Viagens para outras Modalidades e Parâmetros de Interesse

16. Pedestres: Caracterização e Modelos de Previsão de Viagens
17. Bicicletas e Motos: Caracterização e Modelos de Previsão de Viagens
18. Modelos de Geração de Viagem para Pólos Geradores de Viagens de Carga
19. Transporte Público
20. Categorias de Viagens e Divisão Modal

Módulo IV

Síntese e Conclusões

21. Síntese e Conclusões

Pretende-se que essas publicações reflitam o atual estado da arte, incorporando a produção científica disponível na bibliografia consultada. O tema do presente Caderno tem como foco os modelos de geração de viagens para Pólos de Viagens de Carga.

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. TRANSPORTE DE CARGA EM ÁREA URBANA	2
3. MODELOS DE GERAÇÃO DE VIAGENS.....	6
3.1. Modelos baseados em viagens.....	8
3.2. Modelos baseados em volume de carga	9
4. MODELOS DE GERAÇÃO DE VIAGENS - EXPERIÊNCIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS.....	10
4.1. Modelos de Geração de Viagens: Experiências Nacionais.....	10
4.2. Modelos de Geração de Viagens: Experiências Internacionais.....	17
REFERÊNCIAS.....	37

Tabelas

Tabela 1: Principais tipos de carga movimentada em área urbana.....	2
Tabela 2: Elementos relacionados ao transporte de carga urbana.	4
Tabela 3: Classificação de Pólos Geradores de Viagens de carga (PGV Carga).....	5
Tabela 4: Modelos de geração de viagens apresentados por GASPARINI (2008).....	12
Tabela 5: Modelos de geração de viagens apresentados por GASPARINI (2008) - continuação	13
Tabela 6: Modelos de geração de viagens apresentados por GASPARINI (2008) - continuação	14
Tabela 7: Modelo de geração de viagens apresentado por SILVA e WAISMAN (2007).	14
Tabela 8: Modelos de geração de viagens apresentados por MELO (2002).	15
Tabela 9: Modelos de geração de viagens apresentados por MARRA (1999).	17
Tabela 10: Modelo de geração de viagens apresentado por MUNUZUNI <i>et al</i> (2009).....	18
Tabela 11: Modelo de geração de viagens apresentado por NUZZOLO <i>et al</i> (2008).....	19
Tabela 12: Modelo de geração de viagens apresentado por ALLEN (2002).....	19
Tabela 13: Modelos de geração de viagens analisados por IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002).....	21
Tabela 14: Modelos de geração de viagens analisados por IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002) – continuação.....	22
Tabela 15: Modelos de geração de viagens analisados por IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002) – continuação.....	23
Tabela 16: Modelos de geração de viagens elaborado por IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002).....	24

Tabela 17: Modelos de geração de viagens elaborado por IDING, MEESTER E TAVASSZY (2002) – continuação.....	25
Tabela 18: Modelos de geração de viagens apresentado por TADI e BALDACH (1994).....	26
Tabela 19: Modelos de geração de viagens apresentados por BLACK (1999).....	27
Tabela 20: Continuação dos modelos de geração de viagens apresentados por BLACK (1999).....	28
Tabela 21: Modelos de geração de viagens apresentados pelo ITE (1995).	28
Tabela 22: Modelos de geração de viagens apresentados por OGDEN (1992).	29
Tabela 23: Continuação dos modelos de geração de viagens apresentados por OGDEN (1992).....	30
Tabela 24: Modelo de geração de viagens apresentado por CHRISTIANSEN (1979).	30
Tabela 25: Modelos de geração de viagens apresentados por MORLOK (1978).....	31
Tabela 26: Modelos de geração de viagens apresentados por OGDEN (1977).	32
Tabela 27: Modelos de geração de viagens apresentados por HUTCHINSON (1974).	33
Tabela 28: Modelos de geração de viagens apresentados por HUTCHINSON (1974).	33

Figuras

Figura 1: Processo de planejamento estratégico tradicionalmente utilizado para o transporte de carga quando se emprega a ótica do poder público.	7
Figura 2: Modelo de quatro etapas adaptado para carga - abordagem com base em viagens.	8
Figura 3: Modelo de quatro etapas adaptado para carga– abordagem com base em volume de carga.....	9

1. INTRODUÇÃO

As diferentes atividades que são desenvolvidas nas áreas urbanas geram a necessidade de movimentação de pessoas e de carga e de acordo com CRAINC e LAPORTE (1997), são os transportes que dão suporte e tornam possível a maior parte das atividades sociais e econômicas. O transporte de carga, em particular, é uma atividade de destaque atualmente, não só por sua participação no produto interno bruto dos países, mas também, pela crescente influência que a transferência e a distribuição de bens têm no desempenho de todos os setores econômicos.

Entretanto, é preciso analisar os problemas que podem ser gerados pelo transporte de carga, principalmente, em área urbana. De acordo com FACCHINI (2006), a movimentação de carga e o serviço realizado por caminhões nessas áreas, quando aliada às necessidades de carga e descarga, podem agravar os problemas de tráfego já existentes na cidade, como elevados níveis de congestionamento e problemas ambientais, impactando aquele que efetua o transporte, o cidadão e o poder público.

Neste contexto, a implantação de um empreendimento que tenha potencial de produzir ou atrair uma quantidade significativa de viagens de pessoas ou de cargas pode concorrer para o agravamento dos problemas de tráfego já existentes ou ocasionar problemas não previstos. De acordo com suas características alguns destes empreendimentos podem ser classificados como Pólos Geradores de Viagens (PGV), dos quais o enfoque do presente estudo se faz sobre os PGV de carga (PGV Carga).

Desse modo, este trabalho tem por objetivo identificar, por meio de revisão bibliográfica nacional e internacional, modelos de geração de viagens de carga que possam ser utilizados para subsidiar os estudos sobre PGV Carga, em particular aqueles que forem implantados em área urbana, onde os problemas decorrentes do acréscimo de tráfego podem ser críticos.

O trabalho está dividido em cinco itens, o primeiro e presente, apresenta uma breve introdução sobre o tema estudado. O item seguinte trata de forma sintética do transporte de carga em área urbana. O terceiro item apresenta os conceitos e descreve brevemente dois modelos selecionados para análise e previsão de viagem do transporte de carga que ajudam na compreensão da escolha das variáveis independentes dos modelos de geração de viagens apresentados no item 4, onde se apresenta uma seleção das experiências nacionais e internacionais sobre tais modelos. Por fim, o item 5 apresenta as considerações finais sobre este trabalho.

2. TRANSPORTE DE CARGA EM ÁREA URBANA

Segundo MARRA (1999), a movimentação de carga urbana é complexa e envolve uma grande variedade de atores, ocasionando uma grande diversidade de interesses e percepções sobre o tema. De acordo com CAIXETA e MARTINS (2001), o transporte de carga urbana está relacionado não apenas as atividades de carga e descarga, coleta e distribuição, mas também a movimentação de cargas entre pontos localizados dentro do espaço urbano.

GASPARINI (2008) e MELO (2002) destacam que ao se analisar a movimentação de carga em área urbana deve-se considerar a circulação de uma grande variedade de mercadorias, de diferentes tipos e tamanhos. Na Tabela 1 é possível visualizar os principais tipos de carga que são movimentadas em área urbana e suas características de valor, tamanho do lote, quantidade de pontos de coleta/entrega e tamanho dos veículos geralmente utilizados.

Tabela 1: Principais tipos de carga movimentada em área urbana

Principais Cargas	Características			
	Valor da Mercadoria	Tamanho do Lote	Nº Pontos de Coleta/Entrega	Tamanho do Veículo
Distribuição de Cigarro	Alto	Pequeno	Muitos	Pequeno/Médio
Distribuição de Bebidas	Médio	Grande	Muitos	Médio/Grande
Distribuição de Alimentos	Médio	Médio	Muitos	Médio/Grande
Transporte/Distribuição para lojas de departamento	Médio	Pequeno	Muitos	Médio/Grande
Transporte/Distribuição para lojas de eletrodomésticos	Alto	Médio	Muitos	Médio/Grande
Transporte/Distribuição de Medicamentos	Alto	Médio	Muitos	Pequeno/Médio
Entrega de Supermercados em Domicílio	Médio	Pequeno	Muitos	Médio/Grande
Transporte/Distribuição para Supermercados	Alto	Grande	Muitos	Grande
Transporte/Distribuição de material de construção	Baixo	Grande	Muitos	Médio/Grande
Transporte de Valores e Documentos	Alto	Grande	Muitos	Médio
Entrega de Móveis	Alto	Grande	Muitos	Médio/Grande
Transporte de Mudança Domiciliar	Alto	Médio	Poucos	Médio/Grande
Transporte de Carga Perigosa	Médio	Grande	Poucos	Grande
Distribuição de Gás Liquefeito de Petróleo	Médio	Grande	Muitos	Médio/Grande
Coleta de Lixo Urbano	Baixo	Grande	Muitos	Grande

Fonte: elaboração própria com base em MURTA (1999), MELO (2002) e GASPARINI (2008).

Além do tipo de carga a ser transportada, fatores como uso do solo, locais para carga e descarga, características da rede viária, tipos de veículos, seus movimentos e fiscalização de tais movimentos pelas autoridades responsáveis, são destacados por GASPARINI (2008) como impactantes para a determinação da demanda por transporte.

A Tabela 2 apresenta os elementos envolvidos na movimentação de carga urbana e como estes influenciam em seu aspecto operacional.

Tabela 2: Elementos relacionados ao transporte de carga urbana.

Tipo da Variável	Carga	Uso do Solo	Locais de Carga/Descarga	Rede Viária	Veículo de Carga	Movimento de Veículo de Carga	Autoridades Públicas de Trânsito e Transporte
Carga	Diferentes características de manuseio dependendo do volume, peso, grau de periculosidade etc.	Geração de movimentos de mercadorias.	Estruturação de locais de carga e descarga e terminais de acordo com a mercadoria para melhor agilidade.	Tipo do trajeto/traçado dependendo da mercadoria.	Tipo de veículo e acondicionamento da carga de acordo com o tipo de mercadoria obedecendo ao peso e volume máximo permitido.	Dificuldades no trajeto, como obstáculos ou curvas fechadas, podem danificar a mercadoria.	Controle do tráfego por tipo de mercadoria, peso etc.
Uso do Solo		Consideração da geração de movimentos de carga no planejamento.	Definição da localização de áreas comerciais e terminais de carga.	Compatibilidade de rede viária com o tipo de uso do solo.	Compatibilidade entre o tipo de uso do solo e os tipos de veículos que operam no local.	Geração de viagens de veículos de carga de acordo com o tipo de uso do solo.	Projeto e análise conscientes no tocante a ocupação do solo para melhor controle da geração de viagens de carga.
Locais de Carga/Descarga			Observação de horários e limitação de horas para operação e demora na emissão de documentos	Análise das vias de acesso aos locais de carga/descarga e terminais e locais apropriados junto ao meio-fio.	Implantação de baias apropriadas de carga/descarga para melhor operação dos veículos.	Dificuldades de acesso aos locais de carga/descarga.	Criação de locais para carga/descarga junto ao meio-fio, definição de horários para que não haja conflito com os automóveis.
Rede Viária				Capacidade da rede, sua conservação e preparo em função do porte de veículos e da demanda.	Observação das características geométricas das vias adequadas aos tipos de veículos em circulação.	Controle da circulação de veículos em função do peso e do volume máximos permitidos.	Manutenção e conservação da via e controle do movimento de carga além da ampliação da rede quando necessário.
Veículo de Carga					Conservação dos veículos visando evitar problemas ambientais, acidentes etc.	Oferta por parte da indústria de quantidade adequada de veículos em função da demanda.	Controle do estado de conservação dos veículos circulantes visando a segurança.
Movimento de Veículo de Carga						Análise da circulação em virtude das características da via.	Controle da movimentação analisando o porte dos veículos além do grau de periculosidade da carga transportada.
Autoridades Públicas de Trânsito e Transporte							Observação constante para que haja harmonia na fiscalização, adoção de medidas e resolução de problemas.

Fonte: GASPARINI (2008).

Segundo GASPARINI, CAMPOS e DAGOSTO (2007), a movimentação de carga urbana pode estar concentrada nas áreas do entorno de grandes empreendimentos como os Pólos Geradores de Tráfego (PGT). Goldner e Portugal (2003) conceituam PGT como “locais ou instalações de distintas naturezas que desenvolvem atividades de porte e escala capazes de produzir um contingente significativo de viagens.”

De acordo com KNEIB *et al.* (2006), esse conceito evoluiu para um conceito mais amplo, denominado Pólos Geradores de Viagens (PGVs). Esse novo conceito considera não apenas o tráfego motorizado gerado pelo empreendimento, mas as viagens em geral. Além disso, os impactos relacionados ao pólo passam a ser considerados não apenas no que tange aos sistema viário e de transportes, mas também ao uso, ocupação e valorização do solo.

Ainda segundo KNEIB *et al.* (2006), é importante destacar que tais impactos podem ser positivos ou negativos. Positivos ao agregar valor e desenvolvimento à área influenciada e negativos ao comprometer a mobilidade da área impactada. Na Tabela 3 é possível visualizar os tipos de PGV Carga e suas classificações.

Tabela 3: Classificação de Pólos Geradores de Viagens de carga (PGV Carga).

Atividade	Micropolo	Macropolo
Centro de compras, shopping centers	de 2500m ² à 10000m ²	acima de 10000m ²
Lojas de departamento	de 2500m ² à 10000m ²	acima de 10000m ²
Supermercado, hipermercado, mercado	de 2500m ² à 10000m ²	acima de 10000m ²
Entrepósitos, terminais de carga, armazéns, depósitos	de 5000m ² à 10000m ²	acima de 10000m ²
Restaurantes e lanchonetes em geral	de 250m ² à 2500m ²	acima de 2500m ²
Indústrias	de 10000m ² à 20000m ²	acima de 20000m ²
Pavilhão para feiras e exposições	-	acima de 3000m ²

Fonte: Adaptado de GASPARINI (2008).

GOLDNER E PORTUGAL (2003) destacam que os impactos gerados pelos PGVs são proporcionais ao tamanho, à localização e à capacidade dos empreendimentos que atraem ou produzem viagens, e tendem a gerar uma preocupação crescente por parte dos órgãos

de trânsito e de transportes e das empresas privadas que atuam no setor. Sendo assim, as operações de carga e descarga e os movimentos de pessoas para os pólos geradores de viagem podem ter um impacto significativo no meio urbano, gerando a necessidade de se estudar a geração de demanda de viagens geradas para estes.

3. MODELOS DE GERAÇÃO DE VIAGENS

O modelo de geração de viagens, geralmente, é parte componente de um modelo de análise e previsão de demanda. Como modelo de análise e previsão de demanda tradicionalmente empregado pelo setor de transportes tem-se o modelo de quatro etapas, que segundo TEDESCO (2008), tem por finalidade prever a demanda de tráfego, por meio da determinação e da análise da quantidade e do tipo de viagens entre zonas em uma determinada região.

O modelo de análise e previsão de demanda é parte central do processo de planejamento estratégico em transporte (Figura 1). De um modo geral, o modelo de planejamento de transporte envolve a definição de objetivos, escopo e prazos, a coleta de dados e informações referentes ao contexto institucional, ao sistema de atividades e ao sistema de transporte existente. De posse dessas informações, é realizado o diagnóstico da situação atual. Na parte central do modelo encontra-se o modelo de análise e previsão de demanda, compostos por quatro etapas. O próximo passo é a avaliação das alternativas resultantes do modelo de quatro etapas, que devem ser escolhidas de acordo com as prioridades estabelecidas. Por último, deve-se implementar as alternativas escolhidas. Para maior eficácia, o planejamento deve ser monitorado periodicamente, buscando incorporar as transformações que ocorreram no período posterior a sua elaboração. Desse modo, pode-se dividir o planejamento de transporte em um processo seqüencial conforme apresenta a Figura 1.

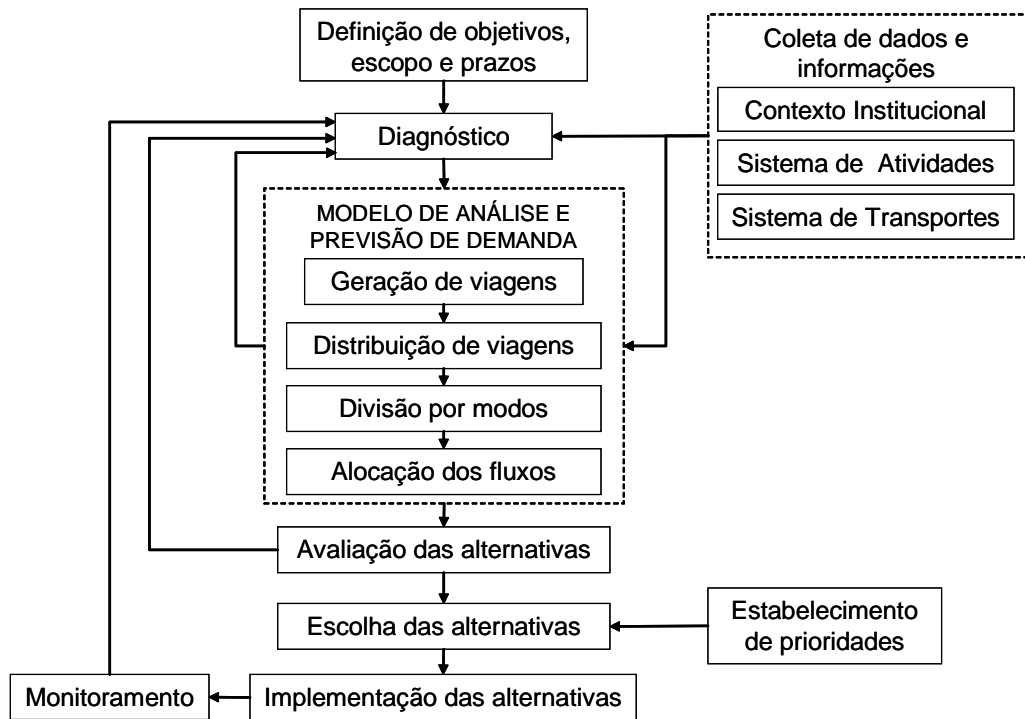


Figura 1: Processo de planejamento estratégico tradicionalmente utilizado para o transporte de carga quando se emprega a ótica do poder público.

Fonte: Elaborado a partir de ADLER (1978); ANDERSON (1994) e FHA (1999).

Como mencionado anteriormente, no setor de transporte usualmente utiliza-se o modelo de quatro etapas para previsão de demanda. MAGALHÃES (2008) destaca que as etapas consideradas pela metodologia são: geração de viagens, distribuição de viagens, divisão modal e alocação de tráfego.

Para MACNALLY (2000), a finalidade da etapa geração de viagens é definir a dimensão total das viagens/carga produzidas e atraídas para cada zona de tráfego. Para tanto, é realizado um levantamento do ano-base e de variáveis socioeconômicas da população em cada zona da área estudada, as quais serão usadas para estimar o número total de produção e atração.

A etapa de distribuição de viagens, segundo MORLOK (1978), tem como principal objetivo alocar ou atribuir o número total de viagens/carga com a origem em cada uma das zonas de tráfego definidas a todas as possíveis zonas de tráfego de destino. Essa fase é construída diretamente sobre a saída da fase de geração de viagens, e tem como resultado a matriz O/D futura.

MAGALHÃES (2008) declara que os modelos de distribuição de viagens geralmente se baseiam na obtenção da matriz atual de distribuição, estabelecida a partir dos valores levantados diretamente da pesquisa origem-destino. Desse modo, com a utilização de um

modelo matemático adequado, é possível construir uma nova matriz que irá representar as viagens futuras entre as zonas de tráfego. Para esta etapa podem ser utilizados modelos de fator de crescimento ou gravitacional.

A etapa de alocação de tráfego é descrita FHA, 1999 como o processo pelo qual um dado conjunto de viagens, entre pares de zonas de tráfego é alocado a rotas definidas de um particular modo de transporte. Essa etapa tem por objetivo estimar futuros volumes de viagens para os diversos segmentos de uma rede, o que permite avaliar o impacto que uma demanda futura pode causar principalmente numa rede viária.

De acordo com MARRA (1999), no caso de sistemas de transporte urbano de carga, os modelos mais utilizados para previsão de demanda podem ser baseados em deslocamento de carga ou baseados em viagens de veículos. O autor ressalta que ambos os modelos têm sua importância.

3.1. Modelos baseados em viagens

Os modelos baseados em viagens, como o apresentado na Figura 1, têm seu foco no fluxo de veículos. Esse modelo pressupõe que a seleção do modo de transporte já foi realizada e, portanto, não se faz necessário efetuar a etapa de divisão modal. De acordo com OGDEN (1992) e HOLGUÍN-VERAS e THORSON (2000), esses modelos apresentam algumas vantagens. Como exemplo, os dados de tráfego são relativamente fáceis de obter. Além disso, um crescente número de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) é capaz de seguir os movimentos dos veículos, constituindo uma fonte de dados de tráfego. Outra vantagem trata das viagens vazias (por exemplo, de retorno) que já são consideradas no modelo.

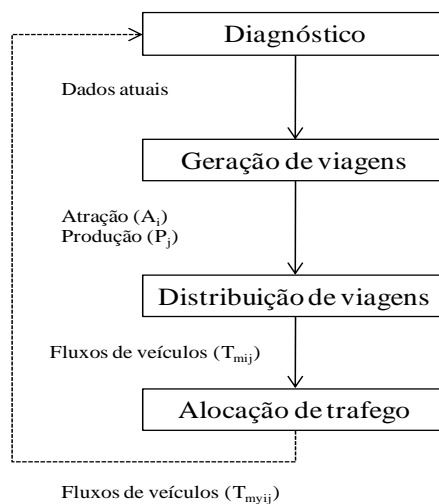


Figura 2: Modelo de quatro etapas adaptado para carga - abordagem com base em viagens.
Fonte: Elaboração própria a partir de Holguín-Veras e Thorson (2000)

A Figura 2 apresenta o modelo de quatro etapas aplicado à previsão de demanda de

transporte de carga quando esta é realizada com base em viagens de veículos. A etapa de diagnóstico fornece as informações do ano-base, desagregadas por modo de transporte (m) necessárias para alimentar o modelo. Para obter os dados de atração (A_{mi}) e produção (P_{mi}) de viagens resultantes da etapa geração de viagens, é necessário definir as taxas de geração de viagens ou o modelo de regressão específico para cada zona por modo de transporte. O resultado (A_{mi}, P_{mi}) desta etapa alimenta a distribuição de viagens, que tem por objetivo distribuir as produções e atrações entre as zonas de tráfego de modo a obter o fluxo de viagens (T_{mij}) e a matriz origem-destino para cada modo (m) de transporte. Usualmente utiliza-se o modelo gravitacional para a distribuição das viagens. A última etapa trata da alocação de tráfego, que aloca à cada segmento (y) da rede de transporte os fluxos (T_{myij}) verificados na matriz origem-destino. Para melhor eficiência do modelo é necessário um constante monitoramento.

3.2. Modelos baseados em volume de carga

Os modelos baseados em volume de carga, como o apresentado na Figura 2, têm o foco na quantidade de carga transportada medida em toneladas, ou qualquer outra unidade de peso. Esse modelo permite captar com mais precisão os mecanismos fundamentais que direcionam a movimentação das cargas, que são determinados por seus atributos, como forma e peso por unidade.

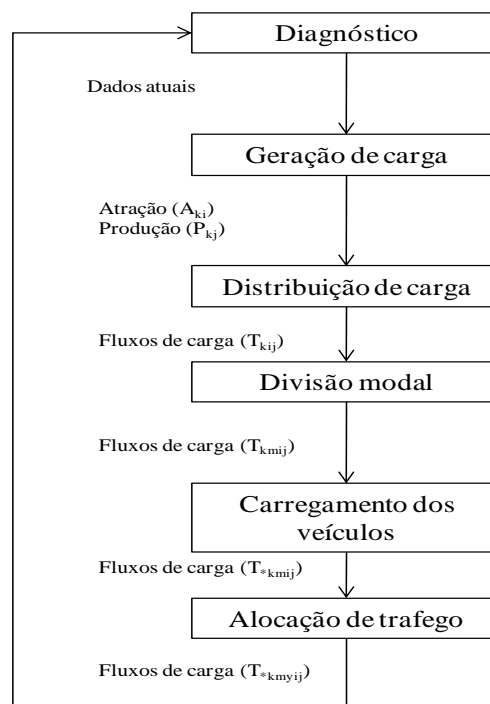


Figura 3: Modelo de quatro etapas adaptado para carga– abordagem com base em volume de carga.

Fonte: Elaboração própria a partir de Holguín-Veras e Thorson (2000).

Na Figura 3, a etapa de diagnóstico fornece as informações do ano-base necessárias para

alimentar o modelo. Para obter os dados de atração (A_{ki}) e produção (P_{ki}) de viagens resultantes da etapa geração de carga, é necessário definir as taxas de geração de carga ou o modelo de regressão específico para cada zona, desagregado por tipo de carga (k). Conforme acontece com o modelo baseado em viagens, o resultado desta etapa alimenta a distribuição de carga, que tem por objetivo distribuir as produções e atrações entre as zonas de tráfego de modo a obter o fluxo de carga (T_{kij}) e a matriz origem-destino para cada carga. A próxima etapa trata da divisão modal, que, por meio do modelo *logit*, distribui o volume de carga obtido na matriz origem-destino entre os modos de transporte contemplados no modelo em estudo, obtendo o fluxo de carga entre zonas, por tipo de carga e por modo de transporte (T_{kmij}). Após a divisão modal, é necessário converter os volumes de carga em viagens de veículos (T^*_{kmij}), de acordo com a densidade da carga e a capacidade do veículo. A última etapa trata da alocação de tráfego (T^*_{kmyij}), que aloca os veículos obtidos na etapa anterior à rede de transporte. Para a verificação das viagens vazias são utilizados modelos complementares. Para melhor eficiência do modelo é necessário um constante monitoramento.

4. MODELOS DE GERAÇÃO DE VIAGENS - EXPERIÊNCIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

Com o intuito de identificar modelos de geração de demanda de viagens de carga que possam ser utilizados para subsidiar os estudos de PGV Carga, principal objetivo deste trabalho, realizou-se pesquisa que considerou 16 trabalhos, dentre eles 4 nacionais e 12 internacionais, conforme itens 4.1 e 4.2.

4.1. Modelos de Geração de Viagens: Experiências Nacionais

Nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 pode-se observar os modelos de atração e produção elaborados por GASPARINI (2008). O autor utilizou uma modelagem baseada em viagens de veículos, aplicando regressão simples e múltipla. É considerada como variável dependente o número total de viagens por veículos de carga que são atraídos ao PGV (caminhões, vans/furgões, carros baú, picapes, carros forte, carros dos correios e motos) ou apenas os caminhões.

Para o caso dos *shopping-centers*, foram feitas observações em dois períodos de uma semana, identificando-se os horários de pico e entre-pico ou todo o período em sete empreendimentos. Para o caso dos supermercados, foram feitas observações por apenas uma semana em 21 empreendimentos.

Verifica-se que para o estudo realizado em *shoppings centers* foram utilizadas como variáveis independentes a área construída, o volume médio de clientes e a área bruta

locável. Já para o estudo em supermercados foram utilizadas as variáveis área de vendas, número de vagas no estacionamento, volume médio de clientes e números de funcionários.

Analisando o coeficiente de determinação¹ (R^2) obtido para o caso dos *shopping-centers*, pode-se perceber que na totalidade das equações apresentadas às variáveis independentes escolhidas explicam em mais de 70% variações da variável dependente.

Quando se avalia o R^2 para o caso dos supermercados, já se verificam situações onde este é menor que 0,7, porém, sendo sempre maior que 0,5. Neste caso, os valores mais baixos de R^2 ocorrem quando se procura utilizar as variáveis independentes vagas de estacionamento, volume médio de clientes e número de funcionários.

¹ Neste trabalho considera-se que valores de coeficiente de determinação maiores ou igual a 0,7 são bons.

Tabela 4: Modelos de geração de viagens apresentados por GASPARINI (2008).

Título	Autor	Ano	
Atratividade do setor de transporte de carga para pólos geradores de viagem em áreas urbanas	André Gasparini	2008	
O autor realizou um estudo da movimentação de veículos de carga, considerando os PGVs <i>shopping centers</i> e supermercado, na cidade do Rio de Janeiro.			
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R ²
Modelos para <i>shopping center</i> - todos veículos de carga			
Volume total de veículos de carga (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,00076X2 + 0,00475X9$	0,973
Volume total de veículos de carga (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,00127X3 + 0,00522X9$	0,959
Volume total de veículos de carga (05-11 MAR 07)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,00055X2 + 0,00322X9$	0,98
Volume total de veículos de carga (05-11 MAR 07)	X3 = área bruta locável; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,00115X3 + 0,00335X9$	0,969
Volume de veículos de carga no horário de pico (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,00012X2 + 0,00113X9$	0,973
Volume de veículos de carga no horário de pico (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,00019X3 + 0,00122X9$	0,965
Volume de veículos de carga no horário de pico (05-11 MAR 07)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,00014X2 + 0,00063X9$	0,984
Volume de veículos de carga no horário de pico (05-11 MAR 07)	X3 = área bruta locável; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,000268X3 + 0,00069X9$	0,966
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,00012X2 + 0,00055X9$	0,969
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,00023X3 + 0,00062X9$	0,949
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (05-11 MAR 07)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 6,897^{(e-5)}X2 + 0,00043X9$	0,977
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (05-11 MAR 07)	X3 = área bruta locável; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,00014X3 + 0,00044X9$	0,969
Modelos para <i>shopping center</i> - veículos de carga do tipo caminhão			
Volume total de veículos de carga (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,000259X2 + 0,00242X9$	0,972
Volume total de veículos de carga (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável; X9 = volume médio de clientes	$Y = 0,00020X3 + 0,00279X9$	0,945
Volume total de veículos de carga (05-11 MAR 07)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 9,677^{(e-5)}X2 + 0,00194X9$	0,949
Volume total de veículos de carga (05-11 MAR 07)	X3 = área bruta locável; X9 = volume médio de clientes	$Y = 3,477X3^{(e-5)} + 0,00212X9$	0,946
Volume de veículos de carga no horário de pico (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 5,291^{(e-5)}X2 + 0,00051X9$	0,972
Volume de veículos de carga no horário de pico (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável; X9 = volume médio de clientes	$Y = 6,346^{(e-5)}X3 + 0,00057X9$	0,963
Volume de veículos de carga no horário de pico (05-11 MAR 07)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 3,686^{(e-5)}X2 + 0,00038X9$	0,950
Volume de veículos de carga no horário de pico (05-11 MAR 07)	X3 = área bruta locável; X9 = volume médio de clientes	$Y = 2,976X3 + 0,00043X9$	0,941
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 3,441^{(e-5)}X2 + 0,00031X9$	0,951
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável; X9 = volume médio de clientes	$Y = 2,426^{(e-5)}X3 + 0,00036X9$	0,940
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (05-11 MAR 07)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 9,985^{(e-5)}X2 + 0,00026X9$	0,947
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (05-11 MAR 07)	X2 = área construída; X9 = volume médio de clientes	$Y = 8,356^{(e-5)}X2 + 0,00028X9$	0,945

Fonte: elaboração própria com base em GASPARINI (2008).

Tabela 5: Modelos de geração de viagens apresentados por GASPARINI (2008) - continuação

Modelos para shopping center - todos os tipos de veículos de carga			
Volume total de veículos de carga (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída;	Y = 0,00023X2	0,84
Volume total de veículos de carga (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00566X3	0,833
Volume total de veículos de carga (05-11 MAR 07)	X2 = área construída;	Y = 0,00164X2	0,853
Volume total de veículos de carga (05-11 MAR 07)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00397X3	0,86
Volume de veículos de carga no horário de pico (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída;	Y = 0,00051X2	0,814
Volume de veículos de carga no horário de pico (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00122X3	0,819
Volume de veículos de carga no horário de pico (05-11 MAR 07)	X2 = área construída;	Y = 0,00036X2	0,876
Volume de veículos de carga no horário de pico (05-11 MAR 07)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00085X3	0,863
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída;	Y = 0,00032X2	0,864
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00075X3	0,847
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (05-11 MAR 07)	X2 = área construída;	Y = 0,00021X2	0,844
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (05-11 MAR 07)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00052X3	0,858
Modelos para shopping center - veículos de carga do tipo caminhão			
Volume total de veículos de carga (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída;	Y = 0,00107X2	0,798
Volume total de veículos de carga (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00255X3	0,78
Volume total de veículos de carga (05-11 MAR 07)	X2 = área construída;	Y = 0,00075X2	0,753
Volume total de veículos de carga (05-11 MAR 07)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00182X3	0,761
Volume de veículos de carga no horário de pico (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída;	Y = 0,00023X2	0,808
Volume de veículos de carga no horário de pico (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00055X3	0,804
Volume de veículos de carga no horário de pico (05-11 MAR 07)	X2 = área construída;	Y = 0,00016X2	0,787
Volume de veículos de carga no horário de pico (05-11 MAR 07)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00039X3	0,774
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (18-24 DEZ 06)	X2 = área construída;	Y = 0,000141X2	0,714
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (18-24 DEZ 06)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00033X3	0,772
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (05-11 MAR 07)	X2 = área construída;	Y = 0,0082X2	0,742
Volume de veículos de carga fora do horário de pico (05-11 MAR 07)	X3 = área bruta locável;	Y = 0,00024X3	0,756
Modelos para supermercado - todos veículos de carga (24 a 30 de Set 07)			
Volume de veículos de carga	X6 = Volume médio de clientes; X7 = número de funcionários	Y = 7,347+0,000867X6+0,7121X7	0,754
Volume de veículos de carga	X5 = vagas de estacionamento; X6 = volume médio de clientes	Y = 14,393+0,02147X5+0,00115X6	0,68
Volume de veículos de carga no dia de pico	X6 = Volume médio de clientes; X7 = número de funcionários	Y = 3,514+0,00951X7+0,000227X6	0,664
Volume de veículos de carga fora do dia de pico	X6 = Volume médio de clientes; X7 = número de funcionários	Y = 1,083+5,77 ^(e-5) X6+0,00118X7	0,65
Volume de veículos de carga fora do dia de pico	X5 = vagas de estacionamento; X6 = volume médio de clientes	Y = 2,252+0,00344X5+0,00011X6	0,543
Volume de veículos de carga fora do dia de pico	X3 = área de vendas; X6 = volume médio de clientes	Y = 1,927+0,000229X3+0,00013X6	0,576

Fonte: elaboração própria com base em GASPARINI (2008).

Tabela 6: Modelos de geração de viagens apresentados por GASPARINI (2008) - continuação

Modelos para supermercado - veículos de carga do tipo caminhão (24 a 30 de Set 07)			
Volume de veículos de carga	X6 = Volume médio de clientes; X7 = número de funcionários	$Y = 3,5861 + 0,000299X6 + 0,0710X7$	0,796
Volume de veículos de carga	X5 = vagas de estacionamento; X6 = volume médio de clientes	$Y = 10,615 + 0,026X5 + 0,000421X6$	0,781
Volume de veículos de carga no dia de pico	X5 = vagas de estacionamento; X7 = número de funcionários	$Y = 2,6287 + 0,00172X5 + 0,008671X7$	0,516
Volume de veículos de carga no dia de pico	X5 = vagas de estacionamento; X6 = volume médio de clientes	$Y = 2,994 + 0,03X5 + 0,00017X6$	0,594
Volume de veículos de carga fora do dia de pico	X6 = Volume médio de clientes; X7 = número de funcionários	$Y = 0,6348 + 0,00536X7 + 0,000158X3$	0,828
Volume de veículos de carga fora do dia de pico	X5 = vagas de estacionamento; X6 = volume médio de clientes	$Y = 0,233 + 2,34^{(e-5)}X6 + 0,0104X7$	0,795
Volume de veículos de carga fora do dia de pico	X3 = área de vendas; X6 = volume médio de clientes	$Y = 1,270 + 0,00382X5 + 4,19^{(e-5)}X6$	0,775
Volume de veículos de carga fora do dia de pico	X2 = 1 empregado	$Y = 0,915 + 0,000251X3 + 6,54^{(e-5)}X6$	0,836

Fonte: elaboração própria com base em GASPARINI (2008).

A Tabela 7 apresenta o modelo de geração de viagens elaborado por SILVA e WAISMAN (2007), com base numa pesquisa estruturada através de questionário e entrevista realizada na cidade de São Paulo em 30 bares e restaurantes destes estabelecimentos comerciais. Os autores também empregam uma modelagem baseada em viagens de veículos, utilizando variáveis área construída do estabelecimento e o número de empregado. Nos 30 estabelecimentos pesquisados, a área variou de 60 a 500 m^2 e de 2 a 17 funcionários por estabelecimento.

Tabela 7: Modelo de geração de viagens apresentado por SILVA e WAISMAN (2007).

Título	Autor	Ano	
Cargas urbanas: Estudo exploratório sobre a gestão de viagens de caminhões em bares e restaurante	Silva e Waisman	2007	
Os autores realizaram um estudo no setor de bares e restaurantes, localizados em São Paulo			
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R ²
Viagens de caminhões	A = área do estabelecimento comercial	$VC = 2,96 + 0,0446 A$	0,7055
Viagens de caminhões	F = quantidade de funcionários	$VC = 1,97 + 1,459 F$	0,7391
Viagens de caminhões	A = área do estabelecimento comercial; F = quantidade de funcionários	$VC = 2,07422 + 0,01670 A + 0,96704 F$	-

Fonte: elaboração própria com base em SILVA e WAISMAN (2007).

A Tabela 8 apresenta o resultado do estudo e MELO (2002), desenvolvido na cidade do Rio de Janeiro, com o intuito de modelar a demanda por transporte de carga urbana atraída por lojas comerciais e produzida por empresas de transporte.

A autora utiliza uma modelagem baseada em viagens de veículos, e aplica regressão linear. Para os modelos relacionados ao setor de lojas comerciais a autora utiliza regressão linear simples, já para os modelos relacionados ao setor de transporte é utilizada regressão linear múltipla.

Analisando a Tabela 8, verifica-se que apenas três equações apresentam um coeficiente de determinação maior que 0,7.

Tabela 8: Modelos de geração de viagens apresentados por MELO (2002).

Título	Autor	Ano	
Avaliação da demanda por transporte de carga em áreas urbanas	Inez Carlina Borges de Melo	2002	
A autora apresenta uma proposta para modelagem da demanda por transporte de carga em área urbana. O estudo foi realizado em lojas comerciais e empresas de transporte, situadas nos bairros de Copacabana, Centro, Catete, Leblon, Méier, Tijuca, Urca e Vila Isabel, da cidade do Rio de Janeiro.			
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R ²
Volume de viagens de veículos de carga por atividade no setor comercial			
Supermercado	X1 = Área construída de cada empreendimento	$Y = 1,1522 + 0,0012X1$	0,557
Vestuário	X1 = Área construída de cada empreendimento	$Y = 1,7499 - 0,0003X1$	0,009
Comércio Varejista	X1 = Área construída de cada empreendimento	$Y = 0,9260 + 0,0010X1$	0,881
Bar/Restaurante	X1 = Área construída de cada empreendimento	$Y = 1,3334 + 0,0019X1$	0,797
Material de Construção	X1 = Área construída de cada empreendimento	$Y = 0,0035 + 0,0046X1$	0,584
Combustível	X1 = Área construída de cada empreendimento	$Y = 0,4858 + 0,000038X1$	0,331
Volume de viagens de veículos de carga por atividade no setor distribuidor			
Supermercado	XV = Número de veículos utilizados pela empresa; XE = carga própria da empresa; XH = carga horária trabalhada; XK = distância percorrida	$Y = -3,13 + 1,28XV + 1,35XE + 14,58XH - 0,88XK$	0,765
Comércio Varejista	XV = Número de veículos utilizados pela empresa; XE = carga própria da empresa; XH = carga horária trabalhada; XK = distância percorrida	$Y = 13,80 + 2,00XV - 4,73XE + 15,54XH - 0,75XK$	0,498
Bar/Restaurante	XV = Número de veículos utilizados pela empresa; XE = carga própria da empresa; XH = carga horária trabalhada; XK = distância percorrida	$Y = 168,57 + 1,72XV - 27,28XE - 6,85XH + 0,16XK$	0,382

Fonte: elaboração própria com base em MELO (2002).

Fazendo uma analogia com o trabalho desenvolvido por HUTCHINSON (1974), MELO e CAMPOS (2004), com base nos dados da pesquisa de 2002, realizaram uma análise considerando o número total de viagens feitas por uma empresa e a sua frota operacional. Esta análise resultou na Equação (1).

$$Y = 18,766 + 0,931X \quad (1)$$

Onde:

Y = número médio de viagens realizadas diariamente pela empresa

X = número de veículos da empresa

A Equação (1) apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 0,8775 e o teste t de *Student* confirmou a relação entre as variáveis. Conclui-se que esta poderia ser uma equação a ser utilizada para estimar o número de viagens produzidas por empresas em função de sua frota operacional.

Em outra análise foi considerada como variável independente o número total de estabelecimentos visitados para a entrega de mercadorias, resultando na Equação (2).

$$Y = 28,21 + 0,04199 X \quad (2)$$

Onde:

Y = número médio de viagens realizadas diariamente pela empresa

X = número médio de estabelecimentos visitados

A Equação (2) apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 0,775 e o teste t de *Student* confirmou a relação entre as variáveis. Conclui-se que esta equação poderia ser utilizada para avaliar o número médio de viagens realizadas diariamente pela empresa com um nível de significância de 95%.

A Tabela 9 apresenta um estudo realizado no Estado de São Paulo, por MARRA (1999). O autor utilizou uma modelagem baseada em volume de carga, onde inicialmente utilizou regressão linear simples e ajuste exponencial para obter o volume de demanda de carga com base em três variáveis independentes distintas (área média dos imóveis, número médio de moradores/empregados e renda média). Posteriormente, o autor apresenta uma equação para cada um dos bairros estudados, utilizando regressão linear simples, função potência e polinomial de sexto grau.

Os maiores coeficientes de determinação (R^2) foram obtidos para as regressões lineares e ajuste exponencial.

Tabela 9: Modelos de geração de viagens apresentados por MARRA (1999).

Título	Autor	Ano	
Caracterização de demanda de movimentações urbanas de cargas	Christian Marra	1999	
O estudo tem por objetivo identificar os padrões de demanda por mercadoria em áreas residenciais e comerciais do município de Campinas (SP).			
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R ²
Volume de demanda de carga (kg/mês)	X = Área média dos imóveis dos bairros pesquisados	$Y = 21,828X - 2350,3$	0,8971
Volume de demanda de carga (kg/mês)	X = Número médio de moradores/empregados nos domicílios dos bairros pesquisados	$Y = 648,14X - 1556,5$	0,9318
Volume de demanda de carga (kg/mês)	X = Renda média dos bairros pesquisados (em salários mínimos)	$Y = 8,1221e^{0,5766X}$	0,8876
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Cambuí	X = Área dos imóveis	$Y = 1,9883X^{1,0808}$	0,3241
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Centro I	X = Área dos imóveis	$Y = 6e - 13X^6 - 3e09^5 + 6e - 06X^4 - 0,0043X^3 + 1,331X^2 - 117,03X + 3591,6$	0,4454
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Centro II	X = Área dos imóveis	$Y = 56,478X^{0,7058}$	0,2717
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Taquarai	X = Área dos imóveis	$Y = 4e - 08X^6 - 4e - 05^5 + 0,0151X^4 - 3,0721X^3 + 321,91X^2 - 16243X + 308536$	0,0518
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Proença	X = Área dos imóveis	$Y = 4,6507X - 835,69$	0,927
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Jd. do Lago	X = Área dos imóveis	$Y = -2e - 08X^6 + 2e - 05^5 - 0,0103X^4 + 2,3807X^3 - 305,09X^2 + 20425X - 556652$	0,3619
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Boa Vista	X = Área dos imóveis	$Y = -4e - 10X^6 + 2e - 07^5 - 5e - 05X^4 + 0,0031X^3 + 0,1798X^2 - 28934X + 955,2$	0,0609
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Ouro Verde	X = Área dos imóveis	$Y = -3e - 08X^6 + 2e - 05^5 - 0,0047X^4 + 0,6728X^3 - 51,44X^2 + 1988,4X - 29402$	0,1265
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Cambuí	X = Número de moradores/empregados nos domicílios	$Y = 110,21X^{0,9781}$	0,3118
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Centro I	X = Número de moradores/empregados nos domicílios	$Y = -0,0012X^6 + 0,087X^5 - 1,215X^4 - 4,4628X^3 + 187,46X^2 - 275,33X + 2155,5$	0,2953
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Centro II	X = Número de moradores/empregados nos domicílios	$Y = -3e - 07X^6 + 0,0003X^5 - 0,0793X^4 + 10,373X^3 + 602,14X^2 + 13061X - 23767$	0,3289
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Taquarai	X = Número de moradores/empregados nos domicílios	$Y = 3,1895X^6 - 164,89X^5 + 3186,8X^4 - 2,9410X^3 + 136910X^2 - 305237X + 254430$	0,4736
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Proença	X = Número de moradores/empregados nos domicílios	$Y = 216,35X - 529,7$	0,9705
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Jd. do Lago	X = Número de moradores/empregados nos domicílios	$Y = -4,2734X^5 + 96,694X^4 - 844,42X^3 + 3349,9X^2 - 7132,2X + 56273$	0,095
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Boa Vista	X = Número de moradores/empregados nos domicílios	$Y = -0,399X^6 + 12,665X^5 - 161,43X^4 + 1053,7X^3 + 3701,1X^2 - 6614,1X - 4583,6$	0,0804
Volume de demanda de carga (kg/mês) - Ouro Verde	X = Número de moradores/empregados nos domicílios	$Y = -0,0359X^6 + 1,3751X^5 - 17,755X^4 + 76,133X^3 + 150,61X^2 + 1793,8X + 3307,6$	0,358

Fonte: elaboração própria com base em MARRA (1999).

4.2. Modelos de Geração de Viagens: Experiências Internacionais

Na Tabela 10 é possível observar um estudo realizado com foco no transporte de carga urbana entre atacadistas e varejistas, na cidade de Sevilla na Espanha.

O estudo relaciona o número de viagens (entregas totais e de produtos perecíveis de atacadistas para varejistas e em domicílio) com número de pedidos e número de entregas recebidas em um varejista, número de veículos totais e operacionais e população de uma região (zona). A modelagem escolhida se assemelha ao modelo gravitacional.

Tabela 10: Modelo de geração de viagens apresentado por MUNUZUNI *et al* (2009).

Título	Autor	Ano
Modelagem de fluxos de carga: uma análise dos links perdidos do transportes urbanos	Jesús Munuzuri; Pablo Cortés; Luis Onieva; José Guadix	2009
O estudo foi realizado na cidade de Sevilla e apresenta um modelo de planejamento de transporte de carga urbana com foco no tráfego existente entre atacadistas e distribuidores. Os autores buscaram desenvolver um modelo que melhor se adequasse a realidade urbana e que necessitasse de um menor número de dados para sua utilização, tornando-se assim, mais simples em sua aplicação.		
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Número de entregas, do atacadista para o varejista, atraídas na hora de pico (t), para cada atividade (k) e cada zona (j)	d_s^t = número de pedidos recebidos pelo varejista; e^t = número médio de entregas recebidas por dia por um varejista genérico; V_s^k = número de veículos de entrega que tiveram acesso a zona de estudo para realizar entregas e que foram contados; S = número de observações realizadas. $\alpha^k = 1/S \sum (V_s^k / \sum d_s^t e^t)$ para todo k	$D_j^k = \alpha^k \sum d_j^t e^t$
Número de entregas, do atacadista para o varejista, produzida na hora de pico (t), para cada atividade (k) e cada zona (j)	O^k = Número de veículos por atividade; o_i^k = Número de atacadista por atividade na zona	$O_i^k = (O^k o_i^k) / \sum o_i^k$
Número de entregas de perecíveis, do atacadista para o varejista, atraídas na hora de pico (t), para cada zona (j)	N = Número de veículos autorizados a operar em MercaSevilla	$O_i^k = N$, se $i = 104$ (setor do MercaSevilla) ou 0 se $i \neq 104$
Número de entregas de perecíveis, do atacadista para o varejista, produzidas na hora de pico (t), para cada zona (j)	d_s^t = número de pedidos recebidos pelo varejista; e^t = número médio de entregas recebidas por dia por um varejista genérico; N = Número de veículos autorizados a operar em MercaSevilla	$D_j^k = N (\sum d_j^t e^t) / (\sum \sum d_j^t e^t)$
Número de entregas em domicílio atraídas na hora de pico (t), para cada atividade (k) e cada zona (j)	P_i = População da zona; R_i^t = Número de varejista de determinado tipo, que realizam entregas na zona; O_i^k = Número de entregas em domicílio produzida na hora de pico, para cada atividade e cada zona	$D_i^k = P_i \sum O_i^k / \sum P_i$
Número de entregas em domicílio produzida na hora de pico (t), para cada atividade (k) e cada zona (j)	P_i = População da zona; O_i^k = Número de entregas em domicílio produzida na hora de pico, para cada atividade e cada zona	$O_i^k = \sum v^t R_i^t$

Fonte: MUNUZUNI *et al.* (2009)

Na Tabela 11 é possível observar o resultado de um estudo realizado por NUZZOLO *et al* (2008), na Itália, com o objetivo de estimar os fluxos internacionais (importação/exportação) por rodovia. O autor utiliza uma modelagem baseada em volume de carga, desagregada por tipo (s), por zona, para um dado período de tempo (h) e considera regressão múltipla.

O autor apresenta inicialmente uma formulação genérica, onde a variável independente (X) pode ser considerada como qualquer variável sócio-econômica ou de nível de serviço e posteriormente, um modelo utilizando como variáveis independentes o número de habitantes e empregados por zona, número de empregados relacionados ao tipo de carga, rendimento médio *per capita* e PIB *per capita*. Além disso, o autor considera a localização da zona em estudo e se esta tem ou não porto.

Tabela 11: Modelo de geração de viagens apresentado por NUZZOLO et al (2008).

Título	Autor	Ano
Um modelo de demanda para o transporte internacional de carga rodoviária	Agostino Nuzzolo; Umberto Crisalli; Antonio Comi	2008
O estudo apresenta um sistema de modelos para estimar os fluxos internacionais (importação/exportação) de carga por rodovia.		
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Quantidade média atraída por tipo de carga e por zona	h = período de tempo; s = tipo de carga; β = coeficiente; ε = componente de erro; X = variáveis socioeconômicas e nível de serviço	$Q_d^h = - \sum \beta_j^s X_{jd}^s + \epsilon^{himport}$
Quantidade média produzida por tipo de carga e por zona	h = período de tempo; s = tipo de carga; β = coeficiente; ε = componente de erro; X = variáveis socioeconômicas e nível de serviço	$Q_o^h = - \sum \beta_j^s X_{jo}^s + \epsilon^{hexport}$
Quantidade média atraída por tipo de carga e por zona	ER = número de habitantes e empregados por zona; EP = número de empregados relacionados ao tipo de carga, na zona; IC = rendimento médio <i>per capita</i> na zona; GDP = média do PIB <i>per capita</i> na zona; NT = 1 se a zona estiver localizada no Norte da Itália e 0 senão; PT = 1 se a zona possuir um porto e 0 senão.	$Q_d^{himport} = \beta^s ER + \beta^s EP + \beta^s IC + \beta^s GDB + \beta^s NT + \beta^s PT$
Quantidade média produzida por tipo de carga e por zona	ER = número de habitantes e empregados por zona; EP = número de empregados relacionados ao tipo de carga, na zona; IC = rendimento médio <i>per capita</i> na zona; GDP = média do PIB <i>per capita</i> na zona; NT = 1 se a zona estiver localizada no Norte da Itália e 0 senão; PT = 1 se a zona possuir um porto e 0 senão.	$Q_d^{hexport} = \beta^s ER + \beta^s EP + \beta^s IC + \beta^s GDB + \beta^s NT + \beta^s PT$

Fonte: elaboração própria com base em NUZZOLO et al (2008).

A Tabela 12 apresenta os modelos de geração de viagens para caminhões médios e para caminhões pesados, desenvolvidos por ALLEN (2002). O autor utiliza uma modelagem baseada em viagens de carga, considerando como variáveis independentes o número de empregos no setor industrial e no setor de varejo, a oferta de empregos em escritórios e o número de residências. Estes modelos foram elaborados com o objetivo de desenvolver um novo modelo de previsão de viagens de caminhão para o Conselho Metropolitano de Baltimore.

Tabela 12: Modelo de geração de viagens apresentado por ALLEN (2002).

Título	Autor	Ano
Desenvolvimento de modelos para caminhões	William G. Allen - Transportation Consultant	2002
O relatório apresenta um novo modelo de previsão de viagens de caminhão para Baltimore.		
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Número de viagens de caminhões médios	INDEMP = Número de empregos no setor industrial; RETEMP = Número de empregos no varejo; OFFEMP = Número de empregos em escritórios; HH = Número de residências.	$MT = 0,75*(0,178*INDEMP+0,177*RETEMP+0,048*OFFEMP+0,069*HH)$
Número de viagens de caminhões pesados	INDEMP = Número de empregos no setor industrial; RETEMP = Número de empregos no varejo; OFFEMP = Número de empregos em escritórios; HH = Número de residências.	$HT = 1,05*(0,199*INDEMP+0,141*RETEMP+0,029*OFFEMP+0,068*HH)$

Fonte: elaboração própria com base em ALLEN (2002).

Nas Tabelas 13, 14 e 15 são apresentados nove modelos analisados por IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002). Dentre esses modelos encontram-se quatro trabalhos realizados nos

Estados Unidos, que tinham como foco o transporte de carga entre estados e cinco trabalhos realizados na Alemanha, que tinham como objetivo principal a geração de viagens de carga em setores industriais e centros urbanos.

De acordo com os autores, esses trabalhos apresentam modelos que tem por objetivos quantificar a relação existente entre atividades econômicas e a geração de viagens de carga, sendo todos eles baseados em regressão linear simples na forma da Equação (3).

$$Y_{l,t} = c + b * X_{l,t} \quad (3)$$

Onde:

Y = variável dependente (geração de viagens de carga por tipo de uso do solo e por tipo de veículo).

X = variável independente

l = tipo de uso do solo

t = tipo de veículo

c = constante

b = coeficiente

Tabela 13: Modelos de geração de viagens analisados por IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002).

Modelos analisados por Iding, Meester e Tavasszy (2002)		
Título	Autor	Ano
Bureau of transportation statistics	BTS	-
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Geração de viagens de carga para o setor de produção	X1 = 1000 m ² de área construída	Y = 2,4X1
Geração de viagens de carga para o setor atacadista	X1 = 1000 m ² de área construída	Y = t*X1, {t ∈ R/ 2,4 ≤ t ≤ 9,9}
Geração de viagens de carga para o setor de indústria leve	X1 = 1000 m ² de área construída	Y = 16,0X1
Geração de viagens de carga para o setor de produção	X2 = hectare de área total da companhia	Y = 7,6X2
Título	Autor	Ano
Truck trip generation characteristics of nonresidential land uses	Tadi e Balbach	1994
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Geração de viagens de carga para o setor de produção	X1 = 1000 m ² de área construída	Y = t*X1, {t ∈ R/ 3,9 ≤ t ≤ 6,5}
Geração de viagens de carga para o setor atacadista	X1 = 1000 m ² de área construída	Y = 4,0X1
Geração de viagens de carga para o setor de indústria leve	X1 = 1000 m ² de área construída	Y = 6,5X1
Título	Autor	Ano
Estimating truck traffic for analyzing UGM problems and opportunities	Chatterjee et al	1979
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Geração de viagens de carga para o setor de produção	X2 = hectare de área total da companhia	Y = t*X2, {t ∈ R/ 10,1 ≤ t ≤ 16,1}
Geração de viagens de carga para o setor de serviços	X2 = hectare de área total da companhia	Y = 43,9X2
Título	Autor	Ano
Commercial vehicle trip generation in Chicago region	Zavattero e Weseman	1993
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Geração de viagens de carga para o setor de serviços	X2 = hectare de área total da companhia	Y = 35,2X2
Título	Autor	Ano
De verkeersproductie van bedrijventerreinen.	Zonnenberg	1989
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Geração de viagens de carga para o setor de indústria de produtos mistos por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = t*X3, {t ∈ R/ 0,7 ≤ t ≤ 1,5}

Fonte: elaboração própria com base em IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002).

Tabela 14: Modelos de geração de viagens analisados por IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002) – continuação.

Modelos analisados por Iding, Meester e Tavasszy (2002)			
Título		Autor	Ano
Ruimtelijke dimensies van het goederenvervoer: Een gebiedsgerichte benadering.		Heidemij	1994
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria alimentícia por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,53X3	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria textil por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,05X3	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria química por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,10X3	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria de construção por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,37X3	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria de metais e eletrônicos por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,04X3	
Geração de viagens de carga para o setor de outras indústria por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,06X3	
Geração de viagens de carga para o setor atacadista por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,22X3	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria de transporte rodoviário por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,77X3	
Título		Autor	Ano
Handboek vrachtverkeer in gemeenten.		Crow	1996
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria de manufatura e construção por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,50X3	
Geração de viagens de carga para o setor de transporte e atacado por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,58X3	
Geração de viagens de carga para o setor de serviços por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,24X3	
Título		Autor	Ano
Bedrijventerreinen langs de meetlat: Onderzoek naar de verkeersproductie van bedrijventerreinen.		BRO	2001
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria de produtos mistos por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = t*X3, {t ∈ R/ 0,9 ≤ t ≤ 2,0}	

Fonte: elaboração própria com base em IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002).

Tabela 15: Modelos de geração de viagens analisados por IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002) – continuação.

Modelo analisado por Iding, Meester e Tavasszy (2002)			
Título	Autor		Ano
Bedrijventerreinen en vrachtverkeer: De relatie tussen bedrijven en de hoeveelheid gegeneerd vrachtverkeer.	Klaver		2001
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria alimentícia por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,09X3	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria química por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,08X3	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria de metais e eletrônicos por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = t*X3, {t ∈ R/ 0,07 ≤ t ≤ 0,10}	
Geração de viagens de carga para o setor de outras indústria por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,22X3	
Geração de viagens de carga para o setor atacadista por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,26X3	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria de borracha e sintéticos por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,50X3	
Geração de viagens de carga para o setor de transporte e atacado por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,05X3	
Geração de viagens de carga para o setor de indústria de veículos de transporte por dia	X3= número de empregados ou número de empregos	Y = 0,08X3	

Fonte: elaboração própria com base em IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002).

As Tabelas 16 e 17 apresentam os modelos elaborados partir de uma pesquisa realizada pela TNO Inro, uma organização de pesquisa independente, para o Ministério Holandês de Transporte.

Foram elaborados modelos de atração e produção de viagens de carga para os diferentes setores industriais, considerando como variáveis independentes a área total da companhia e o número de empregados. Observa-se que apenas em quatro casos o coeficiente de determinação foi superior a 0,7, predominando valores inferiores a 0,5.

Tabela 16: Modelos de geração de viagens elaborado por IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002).

Título	Autor	Ano	
Geração de viagens de carga por empresas	Iding; Meester e Tavasszy	2002	
O artigo busca relacionar as características das empresas com o tráfego de mercadorias. Para isso o autor analisa nove trabalhos, decorendo os modelos de geração utilizados em cada um deles e propõe um modelo de geração de viagens de carga que considere as particularidades dos diferentes setores da indústria.			
Modelos elaborados			
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R ²
Geração de viagens de carga atraídas por setor da indústria			
Alimentos e bebidas	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 3,81 + 0,07 * Xe	0,52
Textil	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 2,40 + 0,04 * Xe	0,40
Couro e produtos de couro	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 4,39 - 0,01 * Xe	-
Produtos de madeira	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 1,89 + 0,02 * Xe	0,68
Material impresso	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 5,42 + 0,01 * Xe	0,03
Química	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 5,97 + 0,03 * Xe	0,71
Produtos de borracha e sintéticos	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 3,30 + 0,02 * Xe	0,32
Vidro, cerâmica etc	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 7,19 + 0,02 * Xe	0,67
Produtos de metais	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 4,02 + 0,04 * Xe	0,43
Maquinaria	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 8,43 + 0,00 * Xe	0,01
Instrumentos e dispositivos médicos	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 8,58 + 0,00 * Xe	-
Automóveis, caminhões e trailers	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 5,79 + 0,03 * Xe	0,32
Móveis e várias comodities	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 3,02 + 0,02 * Xe	0,40
Construção	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 5,76 + 0,02 * Xe	0,21
Comércio e reparação de veículos automóveis	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 3,97 + 0,06 * Xe	0,12
Atacadista	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 6,25 + 0,02 * Xe	0,11
Transportes terrestres	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 15,03 + 0,04 * Xe	0,15
Serviços de transporte	Xa = área total da companhia em m ²	Y = 8,75 + 0,09 * Xe	0,88
Alimentos e bebidas	Xe = número de empregados	Y = 6,73 + 0,06 * Xe	0,28
Textil	Xe = número de empregados	Y = 2,88 + 0,04 * Xe	0,32
Couro e produtos de couro	Xe = número de empregados	Y = 0,45 + 0,22 * Xe	0,39
Produtos de madeira	Xe = número de empregados	Y = 2,46 + 0,04 * Xe	0,59
Material impresso	Xe = número de empregados	Y = 3,53 + 0,12 * Xe	0,62
Química	Xe = número de empregados	Y = 5,39 + 0,05 * Xe	0,71
Produtos de borracha e sintéticos	Xe = número de empregados	Y = 3,67 + 0,03 * Xe	0,15
Vidro, cerâmica etc	Xe = número de empregados	Y = 6,95 + 0,06 * Xe	0,60
Produtos de metais	Xe = número de empregados	Y = 6,42 + 0,00 * Xe	-
Maquinaria	Xe = número de empregados	Y = 8,75 + 0,00 * Xe	-
Instrumentos e dispositivos médicos	Xe = número de empregados	Y = 6,38 + 0,05 * Xe	0,08
Automóveis, caminhões e trailers	Xe = número de empregados	Y = 6,53 + 0,05 * Xe	0,35
Móveis e várias comodities	Xe = número de empregados	Y = 2,35 + 0,09 * Xe	0,32
Construção	Xe = número de empregados	Y = 6,54 + 0,01 * Xe	0,01
comércio e reparação de veículos automóveis	Xe = número de empregados	Y = 5,28 + 0,06 * Xe	0,09
Atacadista	Xe = número de empregados	Y = 6,87 + 0,03 * Xe	0,03
Transportes terrestres	Xe = número de empregados	Y = 15,98 + 0,04 * Xe	0,13
Serviços de transporte	Xe = número de empregados	Y = 15,14 + 0,05 * Xe	0,16

Fonte: elaboração própria com base em IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002).

Tabela 17: Modelos de geração de viagens elaborado por IDING, MEESTER E TAVASSZY (2002) – continuação.

Geração de viagens de carga produzidas por setor da indústria			
Alimentos e bebidas	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 5,98 + 0,04 * X_e$	0,24
Textil	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 3,53 + 0,01 * X_e$	0,46
Couro e produtos de couro	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 3,64 + 0,00 * X_e$	-
Produtos de madeira	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 1,73 + 0,02 * X_e$	0,60
Material impresso	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 5,14 + 0,02 * X_e$	0,04
Química	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 5,62 + 0,02 * X_e$	0,52
Produtos de borracha e sintéticos	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 3,54 + 0,02 * X_e$	0,15
Vidro, cerâmica etc	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 5,51 + 0,04 * X_e$	0,83
Produtos de metais	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 2,71 + 0,04 * X_e$	0,41
Maquinaria	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 5,79 + 0,01 * X_e$	0,02
Instrumentos e dispositivos médicos	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 4,99 + 0,00 * X_e$	0,01
Automóveis, caminhões e trailers	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 2,90 + 0,03 * X_e$	0,33
Móveis e várias commodities	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 1,68 + 0,02 * X_e$	0,59
Construção	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 6,29 + 0,02 * X_e$	0,14
Comércio e reparação de veículos automóveis	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 3,03 + 0,03 * X_e$	0,05
Atacadista	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 4,15 + 0,08 * X_e$	0,24
Transportes terrestres	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 11,01 + 0,09 * X_e$	0,35
Serviços de transporte	$X_a = \text{área total da companhia em m}^2$	$Y = 12,46 + 0,11 * X_e$	0,72
Alimentos e bebidas	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 6,67 + 0,05 * X_e$	0,05
Textil	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 2,58 + 0,03 * X_e$	0,03
Couro e produtos de couro	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 1,25 + 0,13 * X_e$	0,13
Produtos de madeira	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 2,57 + 0,03 * X_e$	0,03
Material impresso	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 2,62 + 0,10 * X_e$	0,10
Química	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 5,47 + 0,04 * X_e$	0,04
Produtos de borracha e sintéticos	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 0,79 + 0,13 * X_e$	0,13
Vidro, cerâmica etc	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 7,59 + 0,12 * X_e$	0,12
Produtos de metais	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 4,83 + 0,00 * X_e$	-
Maquinaria	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 6,45 + 0,00 * X_e$	-
Instrumentos e dispositivos médicos	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 3,49 + 0,04 * X_e$	0,04
Automóveis, caminhões e trailers	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 3,643 + 0,05 * X_e$	0,05
Móveis e várias commodities	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 1,49 + 0,08 * X_e$	0,08
Construção	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 6,82 + 0,01 * X_e$	0,01
Comércio e reparação de veículos automóveis	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 3,01 + 0,10 * X_e$	0,10
Atacadista	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 7,56 + 0,04 * X_e$	0,04
Transportes terrestres	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 7,89 + 0,33 * X_e$	0,33
Serviços de transporte	$X_e = \text{número de empregados}$	$Y = 15,45 + 0,05 * X_e$	0,05

Fonte: elaboração própria com base em IDING, MEESTER e TAVASSZY (2002).

A Tabela 18 apresenta um estudo realizado com o objetivo de identificar a geração de viagens por caminhão e obter dados para uma avaliação da situação observada na região em estudo. O autor utiliza uma modelagem baseada em viagens de veículos a apresenta as taxas diárias de geração de viagens para caminhões com base na área do PGV Carga observado.

Tabela 18: Modelos de geração de viagens apresentado por TADI e BALDACH (1994).

Título	Autor	Ano
Características de geração de viagens de caminhão o uso do solo não residencial	Tadi e Baldach	1994
O estudo teve por objetivo identificar a geração de viagens de caminhão e fornecer dados para uma avaliação da situação observada no momento.		
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Número de viagens de caminhão 2 a 3 eixos por tipo de uso do solo		
Armazém pequeno	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,17X1$
Armazém grande	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,1X1$
Industrial pequeno	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,33X1$
Industrial grande	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,19X1$
Industrial muito grande	$X2 = 1 \text{ acre}$	$Y = 11,9X2$
Parque industrial	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,21X1$
Terminal de Carga	$X2 = 1 \text{ acre}$	$Y = 7,34X2$
Caminhões de aluguel	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 6,95X1$
Número de viagens de caminhão 4 a 6 eixos por tipo de uso do solo		
Armazém pequeno	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,21X1$
Armazém grande	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,27X1$
Industrial pequeno	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,27X1$
Industrial grande	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,38X1$
Industrial muito grande	$X2 = 1 \text{ acre}$	$Y = 8,63X2$
Parque industrial	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,15X1$
Terminal de Carga	$X2 = 1 \text{ acre}$	$Y = 28,47X2$
Caminhões de aluguel	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 1,79X1$
Número de viagens de todos os caminhão por tipo de uso do solo		
Armazém pequeno	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,38X1$
Armazém grande	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,37X1$
Industrial pequeno	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,6X1$
Industrial grande	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,57X1$
Industrial muito grande	$X2 = 1 \text{ acre}$	$Y = 20,53X2$
Parque industrial	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 0,36X1$
Terminal de Carga	$X2 = 1 \text{ acre}$	$Y = 35,81X2$
Caminhões de aluguel	$X1 = \text{área construída em pé}^2 / 1000$	$Y = 8,74X1$

Fonte: elaboração própria com base em TADI e BALDACH (1994 apud PORTUGAL e GOLDNER, 2003).

A Tabela 19 e 20 apresenta um estudo realizado no estado de Indiana, com o objetivo de desenvolver um banco de dados dos fluxos de entrada e saída de carga em uma zona de tráfego (condados do estado de Indiana).

Para tanto, Back (1999) utilizou uma modelagem baseada em volume de carga, desagregada por 19 tipos de carga e aplicou regressão linear simples e múltipla. Observa-se que na maioria dos casos o coeficiente de determinação foi superior a 0,7.

Tabela 19: Modelos de geração de viagens apresentados por BLACK (1999).

Título	Autor	Ano	
Modelo de fluxo de carga	William R. Black	1999	
O estudo tem por objetivo desenvolver um banco de dados dos fluxos de entrada e saída de carga dos condados de Indiana. Foi desenvolvido um modelo para atração e um para produção de viagens para cada um dos 19 tipos de carga contemplados no estudo.			
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R ²
Toneladas de carga atraídas por tipo para uma zona			
Produtos agrícola	PROD01 = Tonelada de carga do tipo produtos agrícolas produzida na zona	ATTR01 = 0,819 PROD01	0,66
Carvão	COAL = Empregos no setor de carvão; MIN = Empregos no setor de Minerais não metálicos, exceto combustíveis	ATTR11 = 3,1 COAL+5,3 MIN	0,657
Minerais não-metálicos, exceto combustíveis	PROD14 = Tonelada de carga do tipo Minerais não metálicos, exceto combustíveis produzida na zona	ATTR14 = 0,997 PROD14	0,977
Alimentos	POP = População total; FOOD = Empregos no setor de alimentos	ATTR20 = 0,832POP+0,162FOOD	0,965
Produtos têxteis	APP = Empregos no setor de vestuário e outros artigos têxteis; ALL = Total de empregos	ATTR22 = 0,003APP+0,0001ALL	0,743
Vestuário e outros artigos têxteis	APP = Empregos no setor de vestuário e outros artigos têxteis; POP = População total	ATTR23 = 0,002APP+0,011POP	0,926
Madeiras e produtos de madeira	PROD24 = Tonelada de carga do tipo madeiras e produtos de madeiras produzida na zona	ATTR24 = 0,728PROD24	0,805
Móveis e utensílios	POP = População total; FURN = Empregos no setor de móveis e utensílios	ATTR25 = 0,033POP+0,002FURN	0,96
Papéis e produtos afins	PULP = Empregos no setor de Papéis e produtos afins; POP = População total	ATTR26 = 0,085PULP+0,259POP	0,953
Produtos Químicos e afins	CHEM = Empregos no setor de produtos químicos e afins; PET = Empregos no setor refino de petróleo e das indústrias conexas ; POP = População	ATTR28 = 0,077CHEM+0,455PET+0,683POP	0,851
Petróleo e produtos de carvão	PET = Empregos no setor refino de petróleo e das indústrias conexas; POP = população total	ATTR29 = 4,007PET+1,881POP	0,938
Pedra, argila e produtos de vidro	POP = População total	ATTR32 = 2,914POP	0,871
Indústria de metais primários	MET = Emprego no setor de indústrias de metais primários; FAB = Emprego no setor de produtos metálicos	ATTR33 = 0,093MET+0,061FAB	0,923
Produtos metálicos	FAB = Emprego no setor de produtos metálicos	ATTR34 = 0,035FAB	0,861
Máquinas	MAC = Empregos no setor industria e comercio de máquinas e equipamentos de informática	ATTR35 = 0,010MAC	0,878
Eletrônicos	FAB = Emprego no setor de produtos metálicos; POP = População total	ATTR36 = 0,005FAB+0,034POP	0,915
Equipamento de Transporte	TRAN = Empregos no setor de equipamentos de transporte	ATTR37 = 0,027TRAN	0,837
Resíduos e sucatas	MAN = Total de empregos na indústria	ATTR40 = 0,0067MAN	0,791
Outros produtos manufaturados	POP = População total	ATTR50 = 0,245POP	0,857
Toneladas de carga produzida por tipo para uma zona			
Produção agrícola	AGSER = Empregos no setor de serviços para agricultura ; CASH = Receita bruta recebida da agricultura	PROD01 = 1445 - 0,523 AGSER + 0,0048 CASH	0,562
Carvão	COAL = Empregos no setor de carvão	PROD11 = 7,6 COAL	0,65
Minerais não-metálicos, exceto combustíveis	MAN = Total de empregos na indústria	PROD14 = 0,078MAN	0,658
Alimentos	FOOD = Empregos no setor de alimentos	PROD20 = 0,282FOOD	0,94
Produtos têxteis	TEX = Empregos no setor de Produtos Têxteis	PROD22 = 0,016 TEX	0,931

Fonte: elaboração própria com base em BLACK (1999).

Tabela 20: Continuação dos modelos de geração de viagens apresentados por BLACK (1999).

Vestuário e outros artigos têxteis	APP = Empregos no setor de Vestuário e outros produtos têxteis	PROD23 = 0,004APP	0,919
Madeiras e produtos de madeira	LUM = Empregos no setor de madeiras e produtos de madeira	PROD24 = 0,668LUM	0,808
Móveis e utensílios	FURN = Empregos no setor de móveis e utensílios	PROD25 = 0,17FURN	0,906
Papéis e produtos afins	PULP = Empregos no setor de Papéis e produtos afins; LUM = Empregos no setor madeiras e produtos de madeira	PROD26 = 0,103PULP+0,056LUM	0,886
Produtos Químicos e afins	CHEM = Empregos no setor de produtos químicos e afins; PET = Empregos no setor de refino de petróleo e das indústrias conexas	PROD28 = 0,150CHEM+1,164PET	0,758
Petróleo e produtos de carvão	PET = Empregos no setor de refino de petróleo e das indústrias conexas	PROD29 = 6,857PET	0,945
Pedra, argila e produtos de vidro	POP = População total	PROD32 = 2,882POP	0,851
Indústria de metais primários	MET = Emprego no setor de indústrias de metais primários	PROD33 = 0,085MET	0,982
Produtos metálicos	MET = Empregos no setor de indústria de metais primários; FAB = Empregos no setor de produtos metálicos	PROD34 = 0,013MET+0,034FAB	0,927
Máquinas	MAC = Empregos no setor indústria e comércio de máquinas e equipamentos de informática	PROD35 = 0,013MAC	0,883
Eletrônicos	MET = Empregos no setor de indústrias de metais primários; FAB = Empregos no setor de produtos metálicos; ELEC = Empregos noo setor de eletrônicos	PROD36 = 0,004MET+0,004FAB+0,003ELEC	0,826
Equipamento de Transporte	TRAN = Empregos no setor de equipamentos de transporte	PROD37 = 0,40TRAN	0,753
Resíduos e sucatas	POP = População total	PROD40 = 0,00048POP	0,704
Outros produtos manufaturados	ATTR50 = Toneladas de carga do setor atacadista - bens duráveis atraídas para uma zona	PROD50 = 1,097ATTR50	0,858

Fonte: elaboração própria com base em BLACK (1999).

Na tabela 21 é apresentado um estudo realizado pelo ITE (1995), onde os autores utilizaram uma modelagem baseada em viagens de veículos e regressão linear simples. Como variáveis independentes foram utilizados o número de docas existentes nos terminais e o número de empregados.

Tabela 21: Modelos de geração de viagens apresentados pelo ITE (1995).

ITE			1995
O estudo teve por objetivo verificar a atração e produção de viagens de caminhões para terminais de carga.			
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R ²
Término de viagens diárias de caminhões (VC)	ND = Número de docas dos terminais	VC = 1,00ND+8,96	0,69
Término de viagens diárias de caminhões (VC)	NE = número de empregados	VC = 2,06NE+3,44	0,73

Fonte: elaboração própria com base em ITE (1995).

Nas tabelas 22 e 23 pode-se observar um estudo realizado por OGDEN (1992). O autor utilizou uma modelagem com base em viagens de veículos e apresenta as taxas de viagens geradas por caminhões por tipo de uso do solo. Como variável independente o autor utilizou 92,9 m² de área construída.

Tabela 22: Modelos de geração de viagens apresentados por OGDEN (1992).

Título	Autor	Ano
Movimentação de carga urbana: um guia para políticas e planejamento	K. W. Ogden	1992
O estudo foi realizado com base em dados Australianos.		
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Número de viagens de vans por tipo de estabelecimento		
Escritório	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 1,9X$
Comércio e varejo - centros regionais	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,4X$
Comércio e varejo - supermercados	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,2X$
Comércio e varejo - lojas de departamentos	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,1X$
Comércio e varejo - outros	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,2X$
Fábricas	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,7X$
Depósitos	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,1X$
Indústrias leves e de alta tecnologia	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 1,9X$
Depósitos de caminhões	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,9X$
Número de viagens de caminhões rígidos e leves por tipo de estabelecimento		
Escritório	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,4X$
Comércio e varejo - centros regionais	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,9X$
Comércio e varejo - supermercados	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,4X$
Comércio e varejo - lojas de departamentos	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,9X$
Comércio e varejo - outros	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,5X$
Fábricas	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,9X$
Depósitos	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0X$
Indústrias leves e de alta tecnologia	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,6X$
Depósitos de caminhões	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,9X$
Número de viagens de caminhões rígidos e pesados por tipo de estabelecimento		
Escritório	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0X$
Comércio e varejo - centros regionais	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,6X$
Comércio e varejo - supermercados	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,4X$
Comércio e varejo - lojas de departamentos	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,5X$
Comércio e varejo - outros	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,9X$
Fábricas	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,4X$
Depósitos	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,2X$
Indústrias leves e de alta tecnologia	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,5X$
Depósitos de caminhões	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 1,4X$

Fonte: elaboração própria com base em OGDEN (1992 apud PORTUGAL e GOLDNER, 2003).

Tabela 23: Continuação dos modelos de geração de viagens apresentados por OGDEN (1992).

Número de viagens de caminhões articulados por tipo de estabelecimento		
Escritório	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,2X$
Comércio e varejo - centros regionais	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,1X$
Comércio e varejo - supermercados	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,2X$
Comércio e varejo - lojas de departamentos	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,2X$
Comércio e varejo - outros	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,1X$
Fábricas	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0X$
Depósitos	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,2X$
Indústrias leves e de alta tecnologia	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,1X$
Depósitos de caminhões	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 3,7X$
Número de viagens total	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	
Escritório	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 2,5X$
Comércio e varejo - centros regionais	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 2,0X$
Comércio e varejo - supermercados	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 1,2X$
Comércio e varejo - lojas de departamentos	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 1,7X$
Comércio e varejo - outros	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 1,7X$
Fábricas	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 2,0X$
Depósitos	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 0,5X$
Indústrias leves e de alta tecnologia	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 3,1X$
Depósitos de caminhões	$X = \text{área construída} / 92,9\text{m}^2$	$Y = 6,9X$

Fonte: elaboração própria com base em OGDEN (1992 apud PORTUGAL e GOLDNER, 2003)

CHRISTIANSEN (1979) realizou um estudo com o objetivo de estimar as viagens geradas para *shoppings centers* na região de Nova York. Na Tabela 24 é possível observar o resultado deste estudo, onde se pode verificar que o autor utilizou uma modelagem baseada em viagens de veículos e apresenta as taxas de paradas diárias de caminhão, tendo como variável independente 929 m² de área construída.

Tabela 24: Modelo de geração de viagens apresentado por CHRISTIANSEN (1979).

Título	Autor	Ano
Planejamento de transporte urbano para cargas e serviços	Christiansen	1979
Pesquisa realizada pelo Instituto de Transporte do Texas (ITT) com o intuito de estabelecer uma estimativa de geração de viagens para os <i>shoppings centers</i> na região de Nova York.		
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Número de paradas diárias de caminhão	$X = \text{área construída} / 929 \text{ m}^2$	$Y = 1,35X$

Fonte: elaboração própria com base em CHRISTIANSEN (1979).

Na Tabela 25 pode-se visualizar os modelos desenvolvidos por MORLOK (1978). Estes fazem uma relação entre a demanda de carga (atração e produção) e o tempo. Portanto, sua aplicação em estudos de PGV Carga deve considerar que o empreendimento já se

encontra instalado e que se deseja determinar qual a evolução do tráfego de caminhões ou do fluxo de carga a medida que o tempo passa. Para isso é necessário a criação de um histórico do tráfego de caminhões ou do fluxo de carga.

Como toda projeção deve-se tomar cuidado com o horizonte a ser considerado. Como se está fazendo uma previsão da demanda futura de viagens em função do seu comportamento no passado, este tipo de modelo é incapaz de considerar variações não previstas ou imponderáveis.

Tabela 25: Modelos de geração de viagens apresentados por MORLOK (1978).

Título	Autor	Ano
Introdução A Engenharia e Planejamento de Transporte	Morlock	1978
O autor propõe uma função para a previsão de demanda baseada em técnicas de projeção. Porém ele resalta que esta pode ter um bom resultado a curto prazo (meses ou poucos anos), mas que raramente é utilizado com precisão além desse tempo.		
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação
Quantidade Demandada	t = tempo; α = coeficiente estimado de forma empírica; β = coeficiente estimado de forma empírica; γ = coeficiente estimado de forma empírica	$d = \alpha(t-\beta)^\gamma$
Quantidade Demandada	t = tempo; α = coeficiente estimado de forma empírica; β = coeficiente estimado de forma empírica; γ = coeficiente estimado de forma empírica	$d = e^{\alpha(t-\beta)}$
Quantidade Demandada	t = tempo; α = coeficiente estimado de forma empírica; β = coeficiente estimado de forma empírica; γ = coeficiente estimado de forma empírica	$d = \alpha + \beta t$

Fonte: elaboração própria com base em MORLOK (1978).

A Tabela 26 apresenta modelos baseados em viagens de veículos para cada tipo de categoria de viagens contempladas no estudo. O autor apresenta também modelos baseados em volume de carga que são aplicados a cada um dos sete tipos de carga considerados. Para ambas as aplicações são utilizados modelos de regressão simples e múltipla. Analisando a Tabela 27 pode-se verificar que os modelos elaborados com base em viagens de veículos apresentam um maior coeficiente de determinação (R^2) do que os modelos elaborados com base em volume de carga.

Tabela 26: Modelos de geração de viagens apresentados por OGDEN (1977).

Título	Autor	Ano	
Modelando a geração de carga urbana	K. W. Ogden	1977	
Estudo apresenta os resultados de uma análise do transporte de carga urbana, utilizando dados da cidade de Melbourne - Austrália.			
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R ²
Número de viagens produzidas por categoria para cada zona			
Entrega residencial	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X8 = população da zona	$Y = 119 + 0,143X2 + 0,0199X8$	0,87
Coleta	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X9 = número de residências na zona	$Y = 1,49 + 0,106X2 + 0,0280X9$	0,91
Entrega varejo	X3 = Total de empregos por zona ; X5 = Empregos relacionados ao setor de varejo; X8 = população na zona	$Y = -72,3 + 0,00945X3 + 0,0832X5 + 0,0339X8$	0,66
Fornecimento de Atacadistas	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X6 = Empregos relacionados ao setor atacadista	$Y = 783 + 0,102X2 + 0,160X6$	0,83
Manuntenção e reparos	X1 = Empregos relacionados ao setor de serviços; X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X10 = população ativa no setor de serviços residente na zona	$Y = 84,4 + 0,00387X1 + 0,0810X2 + 0,0759X10$	0,92
Viagens pessoais	X4 = Empregos no setor de produção; X8 = população na zona	$Y = 222 + 0,0320X4 + 0,0138X8$	0,73
Industrial de entrega, construção e operação de transbordo	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X4 = Empregos no setor de produção;	$Y = 95,9 + 0,0730X2 + 0,0824X4$	0,86
Todas as viagens	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X8 = população na zona	$Y = 576 + 0,635X2 + 0,104X8$	0,95
Número de viagens atraídas por categoria para cada zona			
Entrega residencial	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X11 = população ativa no setor operacional residente na zona	$Y = 397 + 0,0857X2 + 0,113X11$	0,84
Coleta	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X9 = número de residências na zona	$Y = -51,4 + 0,125X2 + 0,0179X9$	0,87
Entrega varejo	X1 = Empregos relacionados ao setor de serviços; X8 = população na zona	$Y = -69,4 + 0,020X1 + 0,0363X8$	0,65
Fornecimento de Atacadistas	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X5 = Empregos relacionados ao setor de varejo;	$Y = 643 + 0,0761X2 + 0,477X5$	0,87
Manuntenção e reparos	X1 = Empregos relacionados ao setor de serviços; X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X10 = população ativa no setor de serviços residente na zona	$Y = 84,7 + 0,0162X1 + 0,0688X2 + 0,0782X10$	0,94
Viagens pessoais	X4 = Empregos no setor de produção; X8 = população na zona	$Y = 165 + 0,0556X4 + 0,0116X8$	0,76
Industrial de entrega, construção e operação de transbordo	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X4 = Empregos no setor de produção; X8 = população na zona	$Y = -423 + 0,114X2 + 0,0502X4 + 0,00695X8$	0,71
Todas as viagens	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X8 = população na zona	$Y = 589 + 0,635X2 + 0,104X8$	0,95
Toneladas de carga atraídas para uma zona			
Alimentação e agricultura	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X9 = número de residências na zona	$Y = -391 + 0,0894X2 + 0,0158X9$	0,65
Material de construção	X4 = Empregos no setor de produção; X8 = população na zona	$Y = 333 + 0,0957X4 + 0,0138X8$	0,44
Produtos manufaturados	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X4 = Empregos no setor de produção;	$Y = -731 + 0,0798X2 + 0,146X4$	0,67
Derivados de petróleo	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X8 = População na zona	$Y = 30,5 + 0,0163X2 + 0,00202X8$	0,46
Outras cargas	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais;	$Y = -173 + 0,0704X2$	0,84
Todas as cargas	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X8 = População na zona; X1 = Empregos relacionados ao setor de serviços	$Y = -1417 + 0,0467X2 + 0,0317X8$ ou $-749 - 0,224X1 + 0,726X2$	0,68 ou 0,84
Toneladas de carga produzida para uma zona			
Lixo urbano	X2 = Empregos relacionados a setores operacionais; X9 = número de residências na zona	$Y = -191 + 0,0450X2 + 0,0214X9$	0,58

Fonte: elaboração própria com base em OGDEN (1977).

Na Tabela 27 são apresentados os modelos de geração de viagens elaborados por HUTCHINSON (1974). O autor utiliza uma modelagem baseada em viagem de veículos e regressão linear simples. Pode-se observar que o modelo elaborado para a produção de viagens possui um coeficiente de determinação superior ao elaborado para a atração de viagens.

Tabela 27: Modelos de geração de viagens apresentados por HUTCHINSON (1974).

Título	Autor	Ano	
Princípios do Planejamento de Sistemas de Transporte Urbano	Bruce G. Hutchinson	1974	
O autor realizou um estudo em 240 indústrias de transformação, na cidade de Toronto, sobre a movimentação de caminhões.			
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R ²
Número de viagens de caminhão produzidas diariamente	X = Total de caminhões próprios da empresa	$Y_p = 11,4 + 1,53X$	0,807
Número de viagens de caminhão atraídas diariamente	X = Total de caminhões próprios da empresa	$Y_a = 12,5 - 0,86X$	0,532

Fonte: elaboração própria com base em MORLOK (1978).

A Tabela 28 apresenta os modelos de geração de viagens elaborados por HUTCHINSON (1974). O autor utiliza uma modelagem baseada em viagem de veículos e regressão linear simples e múltipla. Os modelos foram elaborados considerando os setores de comida e bebida, impressão e publicação, maquinaria e papel e produtos afins. Dos oito modelos apresentados apenas dois apresentam coeficiente de determinação (R^2) maior que 0,7.

Tabela 28: Modelos de geração de viagens apresentados por HUTCHINSON (1974).

Título	Autor	Ano	
Princípios do Planejamento de Sistemas de Transporte Urbano	Bruce G. Hutchinson	1974	
O autor realizou um estudo em Toronto, sobre a movimentação de caminhões, desenvolvido para indústrias classificadas por tipos de carga comercializada.			
Variáveis dependentes	Variáveis independentes	Equação	R ²
Número de viagens diárias de caminhão atraídas por setor			
comida e bebida	X1 = total de caminhões próprios da empresa; X2 = volume de produtos manufaturados	$Y_a = 2,24 + 0,10X_2 + 0,39X_1$	0,715
impressão, publicação	X1 = total de caminhões próprios da empresa;	$\ln Y_a = 2,29 + 0,26 \ln X_1$	0,418
e maquinaria	X1 = total de caminhões próprios da empresa; X4 = número total de empregados de escritórios	$Y_a = 4,54 + 0,13X_4 + 1,50X_1$	0,600
papel e produtos afins	X2 = volume de produtos manufaturados	$Y_a = 7,03 + 0,07X_2$	0,293
Número de viagens diárias de caminhão produzidas por setor			
comida e bebida	X1 = total de caminhões próprios da empresa;	$\ln Y_p = 2,62 + 0,33 \ln X_1$	0,656
Impressão, publicação	X1 = total de caminhões próprios da empresa; X2 = volume de produtos manufaturados	$\ln Y_p = 1,05 + 0,28 \ln X_2 + 0,51 \ln X_1$	0,883
maquinaria	X4 = número total de empregados de escritórios	$\ln Y_p = 1,11 + 0,32X_4$	0,190
papel e produtos afins	X1 = total de caminhões próprios da empresa; X3 = número total de escritórios da empresa	$\ln Y_p = 0,74 + 0,43 \ln X_3 + 0,22 \ln X_1$	0,600

Fonte: elaboração própria com base em HUTCHINSON (1974, apud MELO 2002).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pólos Geradores de Viagens de carga (PGV Carga) são empreendimentos com potencial de produzir e atrair viagens de veículos de carga, como caminhões, camionetas, caminhonetes e furgões. O impacto destes empreendimentos no sistema viário e quanto ao uso e ocupação do solo é diferenciado, dependendo da região e do porte do empreendimento. Porém, os impactos tendem a ser mais expressivos em áreas urbanas, onde já se verifica trânsito intenso de veículos motorizados e adensamento populacional.

Neste sentido, ferramentas que auxiliem na identificação dos fluxos de veículos de carga produzidos e atraídos pelos PGV Carga podem ser consideradas como instrumentos de valor para o gerenciamento da mobilidade na região do entorno destes empreendimentos.

A partir de HOLGUÍN-VERAS e THONSON (2000) verificou-se que os modelos de geração de viagens utilizados em análise e previsão de demanda do transporte de carga podem ser baseados em deslocamento de carga (fluxo de carga) ou viagens de veículos. Na revisão bibliográfica apresentada neste trabalho, verificou-se uma predominância no uso de modelos de previsão de demanda que utilizam o número de viagens como variável dependente. Dos 4 trabalhos nacionais considerados, 3 utilizam o número de viagens como variável dependente e dos 12 trabalhos internacionais considerados, 10 utilizam o número de viagens como variável dependente, sendo que no trabalho de IDING, MEESTER e TAVASSY (2002) a escolha não é clara. Esta situação vai ao encontro da afirmação de OGDEN (1992) e de HOLGUÍN-VERAS e THONSON (2000) quanto a facilidade de obtenção dos dados de tráfego, o que facilitaria a proposição de modelos de geração de viagens que empregam como variável dependente o número de viagens de caminhão.

Na literatura consultada nem sempre é claro a forma de determinar o número de viagens de caminhão que são produzidas ou atraídas para uma região. No âmbito nacional, no trabalho de GASPARINI (2008) houve a preocupação de obter uma classificação do número de viagens por tipo de veículo de carga. Porém, a proposição dos modelos de geração de viagens se divide em geração de viagens de veículos de carga (todos os tipos) e caminhões. Na literatura internacional ALLEN (2002) divide seus modelos para caminhões médios e pesados, o TADI e BALDACH (1994) divide seus modelos por tamanho de veículo associado ao número de eixos e OGDEN (1992) divide seus modelos por tipo de caminhão em rígidos leves e pesados e articulados.

Adicionalmente, MELLO (2002), nas referências nacionais e IDING, MEESTER e TAVASSY (2002), TADI e BALDACH (1994), BLACK (1999), OGDEN (1992), OGDEN (1977) e

HUTCHINSON (1974) nas referências internacionais dividem seus modelos por setor de atividade. Esta é uma característica específica do transporte de carga, onde a tipologia da carga e do setor de atividade ao qual o transporte esteja associado é determinante do perfil das viagens o que obriga uma modelagem desagregada para a previsão de demanda.

A despeito dos esforços empreendidos até o momento no levantamento das experiências nacionais e internacionais com a proposição de modelos de geração de viagens de carga, obteve-se um número bem maior de experiências internacionais que nacionais, o que pode indicar que este seja um campo de pesquisa ainda a ser explorado no Brasil.

Nas referências nacionais consideradas predominam os modelos que utilizam regressão linear simples ou múltipla. Estes modelos também são os que apresentaram os melhores coeficientes de determinação. Pelo que se pôde verificar da experiência nacional, em particular no trabalho de MARRA (1999), modelos que consideram ajustes de curva para função potência ou polinomial não apresentaram resultado tão bom quanto aqueles que utilizaram regressão linear simples ou ajuste exponencial. Nestes casos entende-se que a adequada escolha de uma variável independente possa contribuir mais para um bom resultado do modelo que o uso de modelos que utilizam muitas variáveis independentes.

Considerando as referências internacionais, a modelagem apresentada é diversificada, apresentando relações que consideram ajuste de curvas (regressão linear e polinomial), ajuste exponencial ou logarítmico, na forma de função potência e, a partir de uma abordagem simplificada, o estabelecimento de taxas. Neste caso, quando se trabalha com ajuste de curvas, predomina o uso de regressão linear. Acredita-se que isso se deva a simplicidade de aplicação e análise dos resultados (análise de sensibilidade). A regressão linear pode ser simples ou múltipla, sendo que ambas são bastante utilizadas.

Ainda quanto às referências internacionais, é possível observar o uso de conversão em base logarítmica para as variáveis independentes na elaboração de regressões lineares (simples ou múltiplas) o que pode representar um método a ser testado nos estudos nacionais considerados, onde predomina o uso de regressões simples.

De uma forma geral, regressões lineares, simples ou múltiplas, parecem apresentar bons resultados quanto aos coeficientes de determinação encontrados. Embora possam ser encontrados valores entre 0,1 e 0,3, predominam valores superiores a 0,7. Aparentemente esta é uma indicação de que é possível obter resultados satisfatórios com modelos simples, que utilizam poucas variáveis independentes (uma ou duas). Também se poderia considerar que a complexidade da função matemática associada ao modelo está em um segundo plano

quando comparada com a compreensão dos mecanismos que levam a escolha das variáveis independentes e dependentes.

As variáveis dependentes que se procura determinar são os fluxos de veículos (caminhões) ou de carga (toneladas de carga transportadas). Esta situação ratifica a base conceitual estabelecida no item 3.1 e 3.2, conforme já se destacou anteriormente.

Já as variáveis independentes variam bastante. Quando se trabalha com taxas, predomina a relação entre viagens (fluxos de veículos ou cargas) e as áreas dos empreendimentos (área total ou área construída). Quando se trabalha com regressão linear pode ser considerada uma diversidade de variáveis como fluxos de veículos, fluxo de carga, número de empregados e número de empregos (relacionados a um setor produtivo), população (total ou da região em estudo), áreas (total e construída), clientes, número de docas, entre outras.

Uma característica da modelagem da geração de viagem para o transporte de carga e em decorrência para sua aplicação ao PGV Carga está na necessidade de estabelecer diferentes equações ou taxas para diferentes tipos de carga. Esta característica está associada à tipologia da carga e usualmente não se encontra nos modelos que se destinam a geração de viagens de passageiros. Com isso, para um mesmo par de regiões pode se ter tantas equações quantas forem os tipos de carga, podendo estas equações estar ajustadas de forma diferente e com diferentes coeficientes de determinação. Esta situação demonstra a complexidade do problema de modelar a geração de viagens de carga.

Sendo assim, entende-se que os modelos de geração de viagem apresentados anteriormente podem servir de base para o desenvolvimento de outros modelos melhor adequados ao PGV Carga, considerando-os como base conceitual de referência.

Referências

- ALLEN, W.G. (2002) Development of Truck Models. Transportation Consultant, Mitchells, Virginia.
- BLACK, W.R. (1999) Commodity Flow Modeling. Transportation Research Board / National Research Council. Number E-C011, September 1999. RESEARCH ISSN 0097-8515
- CAIXETA-FILHO, J. V; MARTINS, R. S. (2001) Gestão Logística e Transporte de Cargas. Atlas.
- CRAINIC, T. G.; LAPORTE, G. 1996. Planning models for freight transportation. European Journal of Operation Research 97 (1997) 409-438.
- CHRISTIANSEN, D.F. (1979) Urban transportation planning for goods and services. Technical report, TTI – Texas Transportation Institute. Final Report for the Federal Highway Administration.
- FACCHINI, D. (2006) Análise dos “GAPS” de percepção dos atores envolvidos no transporte urbano de carga em Porto Alegre. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS.
- GUASPARINI, A. CAMPOS, V. B. G.; DAGOSTO, M. A. (2007) Atratividade do transporte de carga para pólos geradores de viagem em áreas urbanas. Artigo apresentado na Anpet.
- GUASPARINI, A. (2008) Atratividade do transporte de carga para pólos geradores de viagem em áreas urbanas. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, RJ.
- HOEGUIN-VERAS, J. THORSO, E. (2000) Trip length distributions in commodity-based and trip-based freight demand modeling- investigations of relationships. Transportation Research Board. National Academy Press, N°1707. Washington.
- IDING, M. H.E.; MEESTER, W.J.; TAVASSZY, L.A., (2002) Freight trip generation by firms. Paper for the 42nd European Congress of the Regional Science Association Dortmund.
- ITE Institute of Transportation Engineering (1995) Truck terminal trip generation. Technical report, Summary Report by ITE Technical Council Committee 6 A – 46., Washington, DC.
- KNEIB, E.C; SILVA, P. C. M. Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: Contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso e ocupação do solo urbano - Programa de Pós Graduação em Transportes - Universidade de Brasília – UnB
- KNEIB E. C., SILVA P. C. M. e TACO P. W. G. (2006) Identificação e Avaliação de Impactos na Mobilidade: Análise Aplicada a Pólos Geradores de Viagem. Artigo Científico Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF.
- MAGALHÃES, S.L.M., (2008) Planejamento de transporte de um aglomerado urbano com intermodalidade por meio de transportes integrados. Tese de Doutorado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.
- MARRA, C. (1999) Caracterização de demanda de movimentações urbanas de carga. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, SP.
- MCNALLY, M. G. (2000) The four-step model. In: Handbook of Transport Modelling, Edited by D. A. Hensher and K. J. Button, Elsevier Science Ltd.
- MELO, I.C.B. (2002) Avaliação da demanda por transporte de carga em áreas urbanas. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, RJ.
- Melo. I.C.B., Campos V.B.G. (2004) Análisis de la demanda de transporte de carga en área urbana. Bajo el punto de vista de la producción y de la atracción de viajes, VI Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2004), Zaragoza, Espanha.
- MENEZES, U.R. (1971) Introdução ao planejamento de transportes urbano. Recife.

MORLOK, E. K. (1978) Introduction to transportation engineering and planning. McGraw-Hill, US.

MUÑUZURI, J.;CORTÉS, P.;ONIEVA, L.;GUADIX, J. (2009) Modeling freight delivery flows: the missing link of urban transport analysis. Journal of Urban Planning and Development. Aceito em 06/03/09 UP 1943.0000011

MURTA, C.M. (1999) Sistema de informação logística para distribuição de carga urbana. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, RJ.

OGDEN, K.W. (1992) Urban Goods Movement: A Guide to policy and Planning. Ashgate Publishing Limited; London.

OGDEN, K.W. (1977) Modeling urban freight generation . Traffic Engineering & Control. .Publicado em March 1977.

PORTUGAL, L.S.; GOLDNER, L.G. (2003) Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transporte. Editora Edgard Clucher Ltda. São Paulo/SP.

TEDESCO,G.M.I. (2008) Metodologia para elaboração do diagnóstico de um sistema de transporte. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. DF.

SILVA e WAISMAN (2007) "Cargas Urbanas: Estudo Exploratório sobre a Geração de Viagens de Caminhões em Bares e Restaurantes", 16º Congresso da ANTP, Maceió, AL.