UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES

LEONARDO GONÇALVES CARNIELLE

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE ANÁLISE DA LOGÍSTICA URBANA
PARA CIDADES DE PEQUENO E MÉDIO PORTE**

São Carlos
2009

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **LEONARDO GONÇALVES CARNIELLE**

Dissertação defendida e julgada em 04/02/2009 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Titular **JOÃO ALEXANDRE WIDMER (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADO

Prof. Associado **ANTÔNIO NÉLSON RODRIGUES DA SILVA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADO

Prof. Titular **CARLOS ALBERTO FARIA**
(Universidade Federal de Uberlândia/UFU) aprovado

Prof. Associado **PAULO CÉSAR LIMA SEGANTINI**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes

Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

LEONARDO GONÇALVES CARNIELLE

Proposta de um Sistema de Análise da Logística Urbana para Cidades de Pequeno e Médio Porte

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.

Orientador: Prof. Titular João Alexandre Widmer

São Carlos
2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Leonardo Gonçalves Carnielle

Proposta de um Sistema de Análise da Logística Urbana para Cidades de Pequeno e Médio Porte

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

*Aos meus pais, irmão, avó, noiva, sobrinho, primos,
tios, amigos e mestres pelo apoio e paciência neste
período importante de minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, pela saúde e por ter me abençoado com pessoas maravilhosas ao meu lado.

Ao professor João Alexandre Widmer, pela orientação, paciência e confiança durante a elaboração deste trabalho.

Ao professor Carlos Alberto Faria pelo incentivo e apoio ao estudo na área de engenharia de transportes.

Ao Programa de Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo concedida.

Aos meus pais José Hilário e Maria Elizabeth, ao meu irmão Sérgio pelo amor, compreensão, apoio e tranquilidade.

À minha noiva e eterna namorada Camilla, pelo amor, pela força, compreensão e enorme colaboração neste trabalho.

Aos meus amigos de república Serginho, Marcelo, Davi, Paulo, Maicon, Ed e Arthur. Aos meus grandes amigos Leandro, Juiú, Beto, André e Alex.

Ao Cassiano, Gustavo, Bruno, Mateus, Marcela, Silvia, Cynthia, pela ajuda e dedicação, que muito contribuíram na elaboração desta pesquisa. Se eu estiver me esquecendo de alguém, por favor, me desculpem!

A todos os funcionários do Departamento de Transportes, especialmente à Heloísa, Beth, Magaly, Alexandre e Suely.

Aos amigos Fernanda e Vinícius. E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para este trabalho.

RESUMO

CARNIELLE, L. G. **Proposta de um Sistema de Análise da Logística Urbana para Cidades de Pequeno e Médio Porte**. 2008. 97p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

O fluxo de veículos de carga em centros urbanos ocasiona degradação no tráfego das vias utilizadas e na área de entorno de seus destinos. Os veículos de grande porte trafegam em geral com menor velocidade, necessitam de áreas maiores para conversões e, para não interferir no fluxo das faixas de rolamento, necessitam de locais apropriados para as operações de carga e descarga. Esta dissertação propõe um método de avaliação da interferência dos veículos de carga nas vias urbanas, para cidades brasileiras de pequeno e médio porte. O método se baseia na coleta de dados junto aos órgãos públicos e privados envolvidos com o problema. Para a aplicação do método é necessária a identificação dos veículos utilizados, das quantidades por viagem e volumes totais movimentados pelas empresas, das características geométricas e de tráfego das vias urbanas e das formas de carregamento e descarregamento dos veículos. As áreas necessárias à conversão dos veículos são comparadas com as existentes nas vias trafegadas, com o auxílio de um SIG – Sistema de Informações Geográficas e um método de computação gráfica das trajetórias dos pontos críticos. A interferência no tráfego das vias, próximas a pontos de carga e descarga, é estudada de acordo com a configuração geométrica desses pontos. Para a avaliação quantitativa dos impactos sobre os fluxos de tráfego utiliza-se o *software Integration*. Um exemplo em pequena escala de uso do método proposto é apresentado, e algumas soluções são sugeridas. Essa aplicação do método apresenta as restrições do cenário operacional atual e os efeitos positivos de algumas alternativas de reformulação do tráfego de veículos de carga.

Palavras-chave: logística urbana, carga urbana, veículos de carga urbana, SIG

ABSTRACT

CARNIELLE, L.G. **Proposal of an Urban Logistic Analysis System for Small and Medium Size Cities**. 2008. 97 p. Dissertation (Master Thesis) – Engineering School of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2008.

The cargo vehicle flow in urban centers causes traffic degradation on the roads used and at the destination surroundings. Heavy vehicles travel in general at lower speeds, need larger areas for conversions and, in order to not interfere in the traffic flow lanes, need appropriate docks for loading and unloading. This dissertation proposes method to evaluate the interference of cargo vehicles on urban roads, of medium and small size Brazilian cities. The method is based on data collection at public and private organizations involved with the problem. The application of the method requires the identification of the vehicles used in the operation, the quantities per haul and total volumes of goods transported by the companies, the geometric characteristics and traffic volumes of the road network and the forms of loading and unloading the vehicles. The areas needed for vehicle turns are compared with the existent along the roads traveled, with the aid of a GIS (Geographic Information System) and a graphical computation method. The traffic interference close to the loading and unloading docks is studied in accordance to the geometric configuration of these points. To quantify the impact on the traffic flow the *Integration* software is used. A small scale example of the proposed method's utilization is presented, and some solutions are suggested. This application of the method presents the constraints of the present operational scenario and the positive effects of some alternatives of cargo vehicle flow reformulation.

Key-Words: city logistics, urban goods, urban cargo vehicle, GIS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Zona de restrição existente na cidade de São Paulo	13
Figura 2 - Representação dos dados a serem coletados	26
Figura 3 - Exemplos de gabarito de veículos	28
Figura 4 - Exemplo de comparação da interseção com o veículo	29
Figura 5 - Área disponível e utilizada pelo veículo para a conversão.....	30
Figura 6 - Representação da geometria vertical em via de duas mãos.....	31
Figura 7 - Representação da geometria vertical em via de duas mãos.....	32
Figura 8 - Detalhamento de uma das mãos do exemplo de gabarito vertical	33
Figura 9 - Resultado da combinação do gabarito vertical da via com o veículo	33
Figura 10 - Exemplo de afastamento para gabarito vertical	34
Figura 11 - Descarga em supermercado	38
Figura 12 - Interferência causada pelo veículo de carga no fluxo da via.....	41
Figura 14 - Representação geométrica dos grupos de veículos	51
Figura 15 - Formato da rede construída em um SIG.....	56
Figura 16 - Rede em SIG da cidade de São Carlos.....	62
Figura 17 - Rota utilizada a partir da entrada da cidade, Rota 01	65
Figura 18 - Segunda rota	66
Figura 19 - Rota a partir do depósito central do supermercado, Rota 03.....	67
Figura 20 - Caminho alternativo para Rota 01.....	68
Figura 21 - Caminho alternativo para Rota 02.....	69
Figura 22 - Caminho alternativo para Rota 03.....	69
Figura 23 - Simulação do efeito do segundo momento no tráfego local	71
Figura 24 - Dimensões do local usado para descarregamento.....	73
Figura 25 - Localização do supermercado e da faixa de descarregamento.....	74
Figura 26 – Efeito irreal causado pelo terceiro momento.....	75
Figura 27 - Resultado da simulação do terceiro momento após considerações.....	76
Figura 28 - Representação de entregas com e sem terminal e cooperativa	84
Figura 29 – Alargamento da faixa de carga e descarga e adaptação da calçada para o uso de equipamentos.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Legenda da figura 2	26
Tabela 2 - Nível de serviço para vias urbanas de acordo com HCM 2000.....	36
Tabela 3 - Dimensões dos tipos de veículos	51
Tabela 4 - Tipos de carroceria.....	52
Tabela 5 - Cabeçalho do banco de dados dos pólos geradores.....	58
Tabela 6 - Tipos de veículos utilizados e o local de início da viagem	64
Tabela 7 - Lista de resultado quanto à restrição geométrica das interseções	68
Tabela 8 - Tempo gasto para a descarga e espera, por tipo de veículo	72
Tabela 9 - Os cinco grupos de carregamento	85
Tabela 10 - Soluções propostas	86
Tabela 11 – Tempo de descarga completa para os veículos contados em campo	86
Tabela 12 - Tempo de interferência.....	87

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 - Esquema dos dados necessários à construção da rede de transportes	24
Diagrama 2 - Meios utilizados para obtenção dos índices de comparações entre cenários ..	40
Diagrama 3 - Representação dos dados necessários à movimentação de carga.....	44
Diagrama 4 - Soluções proposta para os momentos da circulação da carga.....	80
Diagrama 5 - Esquema para análise de alternativa	88

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1- Etapas do método.....	20
Fluxograma 2 - Detalhamento da primeira etapa do método	21
Fluxograma 3 - Estrutura dos dados necessários para a primeira etapa	22

LISTA DE SIGLAS

BESTUFS	Best Urban Freight Solutions
SIG	Sistema de Informação Geográfico
MABRU	Brussels Morning Market
CEASA	Centrais de Abastecimento de Alimentos
ZMRC	Zona de Máxima Restrição de Circulação
ITS	Intelligent Transportation Systems
MOSCA	Decision Support System For Integrated Door-to-door Delivery:planning and Control in Logistic Chains
LOGURB	Optimization of Logistic Systems for Goods Distribution in Urban Settlements
LET	Laboratoire d'Economie des Transports
B2C	Business to Consumer
B2B	Business to Business
HCM	Highway Capacity Manual
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
TEU's	Twenty-Foot Equivalent Units
FEU	Forty-Foot Equivalent Unit
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CIIU/ISIC	Classificación Industrial Internacional Uniforme
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
UTM	Sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Caracterização do Problema	1
1.1. Objeto da Pesquisa	3
1.2. Objetivos da Pesquisa	4
1.1.1.Objetivo Geral	4
1.1.2.Objetivos Específicos	4
1.3. Justificativa	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3. MÉTODO	20
3.1. Estrutura Geral	20
3.2. Construção da Rede	23
3.2.1. Dados Necessários para a Construção da Rede de Transportes	23
3.2.1.1. Geometria da Via	24
3.2.1.2. Capacidade da Via	35
3.3. Caracterização dos Pólos Geradores de Tráfego	41
3.3.1. Características do Produto	45
3.3.2. Demanda	47
3.3.3. Características do Transporte	50
3.3.4. Características da Carga e Descarga	53
3.3.5. Características da Carga Transportada	54
3.4. Inserção dos Dados em um SIG	55
3.4.1. A Construção da Rede Viária	55
3.4.2. A Inserção de Restrições Geométricas e de Capacidade	56
3.4.3. A Inserção de Dados dos Pólos Geradores de Tráfego	57

4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO	58
4.1. Tipo de Problema Escolhido para Análise	59
4.2. Aplicação do Método	60
4.2.1. Coleta dos Dados	61
4.2.2. Inserção de Dados no SIG	62
4.3. Elaboração de um Diagnóstico	63
4.4. Análise de Alternativas	78
4.4.1. Soluções para cada Momento da Circulação de Carga	79
4.4.2. Análise Conjunta das Soluções	88
5. CONCLUSÃO	93
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

1. INTRODUÇÃO

1.1 Caracterização do Problema

A importância do transporte urbano de carga para a sustentabilidade e desenvolvimento das cidades é perceptível e crescente. Entretanto, os altos níveis de congestionamento, impactos ambientais e grande consumo energético constituem grandes desafios para os planejadores e administradores urbanos. Ao mesmo tempo, os transportadores são pressionados pelo mercado a oferecerem serviços cada vez melhores e com menores custos.

Apesar da importância e da intensidade crescente dos problemas relacionados à logística urbana, em cidades de pequeno e médio porte, as autoridades locais geralmente negam a atenção necessária, em virtude da falta de visão geral da cidade, da insuficiência de conhecimento dos instrumentos apropriados para resolver os problemas e, pela consciência da dificuldade para alcançar a aceitabilidade dos diferentes agentes chaves (MACÁRIO *et al.*, 2007).

De acordo com Taniguchi *et al.* (2001), no transporte de cargas urbanas é comum a existência de quatro diferentes conjuntos de agentes chaves envolvidos, sendo eles: os embarcadores, que representam os clientes do sistema de transporte (expedidores, fabricantes, atacadistas e varejistas); os veículos de transporte que, representam a cadeia dos transportadores; os administradores, constituída por órgãos públicos a nível nacional, estadual, regional e municipal e finalmente, a população, constituída pelos consumidores e residentes da cidade.

Os agentes chaves têm, naturalmente, diferentes objetivos. Os embarcadores esperam um alto nível de serviço logístico, com baixos custos e tempo de entrega, alta confiabilidade e sistemas modernos de rastreamento. No que diz respeito aos transportadores de carga, estes objetivam minimizar os custos relativos à coleta e à entrega de mercadorias, com menor tempo de carga, descarga e de transporte, utilizando veículos com maiores capacidades para reduzir o número de funcionários, bem como tendo liberdade irrestrita

quanto a janelas de tempo e movimentação dentro da cidade. A população, além de não aceitar bem a presença de grandes caminhões, também almeja a redução do tráfego, ruídos, poluição do ar e acidentes. Os esforços dos administradores das cidades, normalmente, são voltados para o crescimento econômico e aumento do número de empregos gerados na cidade. Assim sendo, esses deveriam ter uma posição neutra e serem mediadores nos casos de conflito entre os outros grupos envolvidos no transporte de carga urbana. Desta forma, é obrigação do administrador, coordenar e facilitar iniciativas que visem à maximização da qualidade da logística urbana.

Observa-se no mundo uma grande tendência a favor da urbanização, principalmente nos países em desenvolvimento, onde as cidades oferecem oportunidades de emprego, educação e saúde mais atraentes do que as oportunidades oferecidas no campo, levando ao crescimento das cidades. Outro fator que contribui para o aumento da quantidade de veículos de carga na cidade está relacionado às mudanças nas formas de consumo da população e negociação das empresas.

Essas mudanças referem-se à maior demanda por produtos de grande valor monetário, forçando os transportadores a utilizarem o estudo da logística para elaborar entregas mais rápidas e em pacotes menores; à internacionalização dos produtos, exigindo maiores distâncias de transporte e passagem por várias alfândegas; à terceirização parcial ou total por empresas especializadas nas atividades relacionadas à logística; à integração do sistema na corrente de suprimentos das indústrias, visando maximizar o transporte e uso dos depósitos e, finalmente, ao avanço na tecnologia da informação levando ao aumento da colaboração entre os diferentes agentes da cadeia de suprimentos e distribuição.

Atualmente, diversos estudos vêm sendo feitos em vários países com o objetivo de solucionar ou minimizar problemas referentes ao transporte de carga urbana. Nesse contexto, uma nova área no planejamento dos transportes foi criada, a Logística Urbana, ou “City Logistics”, definição dada por Taniguchi *et al.* (2001).

Segundo Taniguchi *et al.* (2001), “*City Logistics é o processo de total otimização das atividades de movimentação e entrega de cargas em centros urbanos levando em consideração o social, o meio ambiente, a economia, o financeiro e os impactos energéticos da movimentação da carga urbana*”. Os custos e benefícios dos modelos propostos devem

ser considerados na otimização, tanto para o setor privado quanto para o meio ambiente e o público em geral.

1.2 Objeto da Pesquisa

O conceito de logística urbana é composto usualmente por cinco iniciativas: sistema de informação, sistema de cooperação entre os transportadores de carga, terminais logísticos públicos, controle do “fator de carga” e sistema de transporte de cargas subterrâneo. Essas e outras iniciativas podem ser utilizadas em conjunto, ou separadamente, levando em consideração o porte da cidade, o perfil de negócios, o grau de saturação e os problemas enfrentados no sistema viário.

A bibliografia sobre o tema logística urbana é vasta, e de uma forma geral, aborda soluções específicas como, por exemplo, estudos e projetos em andamento, descritos no *site* BESTUFS (*Best Urban Freight Solutions*). Esses estudos pressupõem a existência de um banco de dados para a calibração de modelos que levem à tomada de decisão.

As pesquisas bibliográficas com foco em sistemas de informação dentro da realidade sócio-político-econômica de cidades de pequeno e médio porte brasileiras se mostraram infrutíferas. Assim, o objeto desta pesquisa é o desenvolvimento de um sistema de informação, onde os administradores possam visualizar e entender a real situação da cidade e região nos diferentes aspectos e setores de atividades relacionadas ao transporte de carga.

1.3 Objetivos da Pesquisa

1.3.1 Objetivo Geral

Propor, dentro da realidade sócio-político-econômica nacional, um método de construção de um sistema de informação básico para os administradores de uma cidade brasileira de pequeno e médio porte, com a finalidade de auxiliá-los nas tomadas de decisões relativas ao tráfego de veículos de carga na zona urbana, por meio de uma melhor visualização e integração da realidade dos fatos inerentes aos problemas de planejamento e operação.

1.3.2 Objetivos Específicos

Elaboração do sistema

- Estabelecer critérios para a construção de um mapa digitalizado e georeferenciado da cidade ou região administrada, voltado para a logística urbana.
- Estabelecer os dados necessários para compreender a realidade da movimentação de carga do município e as necessidades logísticas do mercado.
- Unir o mapa digitalizado com os dados da movimentação de carga, elaborando várias camadas de informação necessárias em um SIG – Sistema de Informação Geográfico, para a melhor visualização da realidade do transporte de carga na cidade.

Teste de soluções

- Mostrar o funcionamento do método em pequena escala.
-

1.4 Justificativa

Os governantes e administradores enfrentam atualmente uma grande dificuldade com relação a investimentos na área de transportes. A frota e o uso dos veículos automotores crescem a ritmos cada vez mais acelerados; surgem novas formas de compras e entrega de mercadorias; níveis de serviços passam a ser os grandes diferenciais entre as empresas e, conseqüentemente, aumenta a necessidade de se adaptar as vias urbanas a essas novas realidades, muitas vezes percebidas tardia e erroneamente pelos administradores.

Desde o ano de 2006, as prefeituras passaram a ter obrigatoriamente um Plano Diretor; uma boa oportunidade para os governantes e planejadores das cidades redirecionarem o crescimento das mesmas, estabelecendo novas normas e regras de uso e ocupação do solo. Segundo a prefeitura de Londrina (2008), *“Plano diretor define-se como instrumento de gestão contínua para a transformação positiva da cidade e seu território, cuja função é estabelecer as diretrizes e pautas para a ação pública e privada, com o objetivo de garantir as funções sociais da cidade.”* O Plano Diretor normalmente é elaborado para uma perspectiva temporal de dez anos, podendo ser reavaliado periodicamente.

Atualmente, a grande maioria, se não todas as prefeituras de cidades de pequeno e médio porte, não contam com um sistema de informação que auxilie os responsáveis administrativos a avaliar o tráfego de veículos de carga urbana, mostrando a situação do tráfego (fluxo e tipo de veículo), os volumes e tipos de mercadorias transportadas.

As edificações presentes e previstas a médio e longo prazo, que acarretam mudanças no tráfego da cidade (novas indústrias, comércio, bairros, etc.), também deveriam constar em uma lista de informações necessárias à tomada de decisões relativas ao tráfego urbano.

Devido à falta de visão da realidade, decisões, tanto da iniciativa privada, quanto do poder público, são tomadas sem uma interação dos diferentes grupos (agentes chaves) que compõem o espaço da logística urbana, deixando a cargo das empresas de transporte a escolha quanto ao tipo e dimensões dos veículos, as formas e às vezes horários de carga e descarga, etc.. Ao mesmo tempo, as prefeituras disponibilizam espaços específicos para

determinadas atividades que não satisfazem às necessidades logísticas e ou, são incompatíveis com o fluxo do tráfego gerado pelas outras atividades da área urbana em questão. Como consequência, observa-se uma inadequada utilização do dinheiro público, uma ineficiência da cidade em resolver os problemas de trânsito de veículos pesados, um gasto excessivo das empresas no momento da entrega ou coleta de mercadorias, além de uma degradação da imagem das empresas transportadoras frente à sociedade.

Atualmente, em grande parte de países europeus, norte americanos e asiáticos; com destaque para o Japão; existe um esforço em igualar a atenção do transporte de carga ao transporte de passageiros, devido ao grande impacto que o transporte de carga causa no fluxo de veículos do sistema viário e da sua crescente importância na economia das cidades e seu entorno.

O sistema proposto na presente pesquisa parte da hipótese de que os administradores têm dificuldades em tomar decisões quanto ao transporte de carga urbana, devido à falta de conhecimento da realidade, das consequências e das necessidades existentes na cidade. Ao mesmo tempo, o mercado vem adotando o sistema de entrega de mercadoria como diferencial de competição, obrigando os transportadores a efetuarem entregas cada vez mais rápidas e com menores custos. Assim, é comum os transportadores utilizarem caminhões maiores do que o necessário, com suas capacidades subutilizadas, em vias urbanas de intenso tráfego, contribuindo para o congestionamento e degradação da qualidade de vida nos centros urbanos.

Com um bom sistema de informação para gerenciar a logística urbana, o tomador de decisão passa a ter uma ferramenta que integra vários dados, mostrando a dinâmica da cidade de forma mais verdadeira e atualizada, através de dados levantados periodicamente por equipes treinadas (especializadas). O sistema de informação da logística urbana permite que o administrador compreenda melhor os problemas e necessidades existentes quanto à circulação de veículos de carga na cidade e suas implicações no mercado e economia da região.

O sistema proposto segue a idéia da cidade de Budapeste, que tem investido em sistemas de gerenciamento de veículos de carga partindo da criação de um mapa digital detalhado, que contém os pontos de interesse (pólos geradores como indústrias, comércio, shoppings) e a

rede viária (com endereços residenciais, desenho das vias com nós e arcos, e regras de tráfego) (TOPCITY, 2008).

Um dos grandes problemas enfrentados pelos administradores é a dificuldade de se encontrar um ponto de equilíbrio entre os diferentes grupos que atuam na logística urbana, por isso, é de fundamental importância para o administrador ter plena consciência dos objetivos e/ou interesses de cada um dos grupos e as consequências oriundas de cada solução.

Várias ferramentas, simples e de custo relativamente baixo, estão disponíveis no mercado para auxiliar os administradores quanto a soluções e decisões relativas ao tráfego de veículos de carga. Essas ferramentas, em conjunto com equipes bem treinadas e um sistema de informação e banco de dados bem montado, ajudarão a organizar o tráfego de veículos de carga na cidade, ao otimizar o uso dos veículos e reduzindo seus efeitos nocivos em relação à qualidade de vida da comunidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Vários estudos e ações vêm sendo tomadas em todo o mundo visando minimizar os efeitos do transporte de carga dentro dos centros urbanos, resguardando os devidos cuidados, pois é uma atividade de fundamental importância para o desenvolvimento e sustentabilidade da economia das cidades. Os estudos e projetos, geralmente, englobam uma ou mais das cinco iniciativas propostas em *City Logistics*, e comumente, se baseiam na implantação de terminais de carga intermodais e de cooperativa entre transportadoras (TANIGUCHI *et al.*, 2001; THOMPSON e TANIGUCHI, 2001; TRANSPORTS DES MERCHANDISES EM VILLE, 2007; BESTUFS, 2007).

Alguns exemplos de sistema de cooperativa entre transportadores e terminais logísticos públicos são encontrados na Europa, como é o caso do centro de distribuição urbano localizado dentro de uma vila logística denominada *Cargo Center*, em *Graz*, na Áustria, que funciona como um terminal intermodal de carga, com empresas especializadas em logística e distribuição.

Outro exemplo é o GAROCENTRE na Bélgica, apesar de não ser inicialmente uma proposta de retirar veículos de grande porte com a função de entrega de mercadoria dentro da cidade, se firmou como uma grande vila logística, focando todo o serviço em um único local. Assim, os administradores podem trabalhar em conjunto com a iniciativa privada de forma a promover melhores níveis de serviço aos usuários desse centro, com o uso de vias de alta velocidade, interseções compatíveis com os tipos de veículos utilizados e agregando os veículos de carga em um único local na cidade. Reduzindo assim, as conseqüências do tráfego dos veículos de carga de grande porte na parte interna da cidade.

Ainda na Bélgica, outro exemplo de terminal público é o MABRU (*Brussels Morning Market*), desenvolvido como ponto de venda de produtos frescos, incluindo flores, frutas e vegetais, localizado próximo a outro centro de importadores das mesmas mercadorias. Com isto, pequenos comerciantes podem comprar produtos frescos e mais baratos diretamente dos grandes produtores, sendo a entrega negociada no momento da compra com as transportadoras credenciadas, já respeitando os tipos de veículos permitidos em cada região

das cidades, à semelhança do que ocorre com os entrepostos do CEASA (Centrais de Abastecimento de Alimentos) em algumas cidades de grande porte no estado de São Paulo.

Na França, a cidade de *La Rochelle* (140.000 habitantes) se juntou ao programa europeu de uso de veículos elétricos para entrega de mercadorias na área urbana das cidades. Foi criada uma plataforma logística onde as mercadorias destinadas ao interior da cidade são descarregadas pelos veículos de grande porte, sendo entregues pelos veículos elétricos ao seu destino final no dia seguinte. A cidade permite a entrega por *vans* normais, porém devem respeitar os horários definidos pela prefeitura para cada localidade. O valor médio cobrado por cada encomenda é da ordem de três Euros, sendo o custo real de quatro Euros. Para cobrir o déficit a prefeitura tem que subsidiar o sistema. A cidade esperava no início um volume de mercadorias muito superior, reduzindo os custos fixos e por isso a continuidade do projeto depende de se conseguir novos parceiros.

Em Mônaco a ação tomada pela prefeitura foi a de criar um sistema de logística urbana composto de terminais de carga (*PLATE-FORME DE FRÊT DE FONTVIEILLE*, 2008), empresas de entrega de mercadorias dentro da cidade e uma forte regulamentação para que todos os caminhões com peso superior a 8,5 toneladas fossem proibidos de entrar na cidade. Foi imposto que, para entregas no interior da cidade, a descarga das mercadorias deve ser em um centro de distribuição, a partir do qual uma única empresa faz a entrega final com veículos especiais.

Em recente estudo entre a *Université du Québec*, em Montreal, e a universidade italiana *Università Degli Studi di Roma "La Sapienza"*, um modelo de logística urbana foi proposto visando melhorar o tráfego urbano no centro de Roma, Itália (CRAINIC *et al.*, 2004). A principal idéia, abordada no estudo realizado, é a de que o volume de veículos de carga em Roma poderia ser reduzido com uma utilização mais eficiente. Ganhos significativos na redução de veículos somente seriam alcançados através da racionalização das atividades de distribuição, envolvendo consolidação de carga de diferentes empresas e transportadoras, assim como alguma forma de coordenação das operações pela prefeitura.

Com os dados existentes e coletados da área em estudo (em Roma), chegou-se à conclusão de que a criação de pequenos centros de transbordo, denominados satélites, seria a melhor solução, devido ao fato de se utilizar instalações já existentes e serem bem mais simples de

operar e conseqüentemente com menores custos. Tais satélites serviriam apenas para transferir e consolidar as mercadorias de veículos pesados para os veículos de carga “*city friendly*”, veículos considerados amigáveis ao centro da cidade, não tendo, portanto, a função de depósito.

Nesses satélites, os caminhões oriundos de outras regiões descarregariam as mercadorias no momento exato em que o veículo “*city friendly*” já estivesse pronto para receber as encomendas. Sendo necessário assim, um sistema que coordene, em tempo real, o despacho dos caminhões e dos veículos “*city friendly*”, para que os dois estejam ao mesmo tempo no satélite correto, prontos para o transbordo.

A sustentabilidade desse projeto para o centro de Roma se firma na confiança dos empreendedores quanto à qualidade do sistema. Para isto, é necessário um local exclusivo de espera, onde os caminhões de grande porte possam esperar o momento certo para entrar na cidade; é preciso também de pessoal qualificado, de um sistema de comunicação e de veículos tipo “*city friendly*”. O modelo ainda não foi implantado.

No Brasil, muitas cidades têm alguma forma de lei que regulamenta o tipo de veículo que pode transitar nas vias urbanas. Porém, como foi mencionado no Projeto de Ordenamento da Circulação de Veículos de Carga no Município de Vitória – ES (2007), devido ao crescimento acelerado e não organizado/planejado das cidades, além de uma ineficiente ou inexistente fiscalização, a segurança e fluidez necessárias para a mobilidade urbana e qualidade de vida da população são comprometidas.

Os habitantes da cidade de Vitória já vinham observando vários problemas decorrentes da circulação desordenada de veículos de carga no município, tais como operações de carga e descarga em horários e locais inapropriados, derramamento eventual de cargas nos principais eixos da cidade e desrespeito aos limites de peso dos veículos de carga.

Com o novo Código de Trânsito Brasileiro (1998), em especial a parte de “Municipalização do Trânsito”, a cidade de Vitória vem trabalhando nesse projeto, visando um controle do tráfego de veículos de carga na cidade. Os objetivos do projeto são: compatibilizar a circulação de veículos de carga com as necessidades dos demais veículos, com as limitações ambientais e do sistema viário e contribuir para a segurança e fluidez do trânsito.

Estudos feitos anteriormente, em Vitória, revelaram que o sistema viário principal encontrava-se saturado, operando no limite de sua capacidade em vários pontos e horários. A solução foi uma “...regulamentação resultante de um consenso de vários órgãos e entidades, representando o ponto de equilíbrio entre o que seria ideal para o trânsito e para o atendimento às necessidades de abastecimento e da vida econômica da região” (PROJETO DE ORDENAMENTO DA CIRCULAÇÃO DE VEÍCULOS DE CARGA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA – ES, 2007).

Nessa regulamentação, foram determinados os acessos dos veículos às vias da cidade e foi implantado um projeto de sinalização de trânsito indicativo nos principais corredores de tráfego do município. A estratégia adotada para a implantação do projeto consistiu em dois aspectos básicos: a) um período de 60 dias para a vigência do decreto como prazo preparatório e b) execução de um plano de ação definido pela prefeitura, no qual se prevê o treinamento de todos os agentes municipais de trânsito e da polícia militar de trânsito, visando a plena operacionalização da nova regulamentação.

O projeto resultou em uma melhor fluidez do trânsito nos principais eixos; consequência da redução da circulação de caminhões de grande e médio porte; onde pesquisas demonstravam que mais de 80% do volume destes veículos que circulavam pelo centro de Vitória o faziam apenas como passagem.

Com o Projeto de Ordenamento da Circulação de Veículos de Carga no Município de Vitória – ES (2007) foi mostrado que estudos mais aprofundados e um melhor conhecimento da realidade, quanto à movimentação de cargas na cidade, permitiram à prefeitura de Vitória uma otimização do sistema viário sem grandes investimentos, reduzindo os congestionamentos, os tempos de passagem dos veículos de grande porte pela cidade; por não passarem mais pelo centro congestionado; e a redução significativa dos impactos ambientais. Outro ponto levantado pelas partes envolvidas diretamente no projeto, quanto aos responsáveis pelo sucesso, foi o trabalho integrado entre os órgãos públicos (municipal, estadual, polícias, saúde pública) e os privados.

De acordo com o Decreto Nº 48.338 (2007), desde 25 de agosto de 2004 o Decreto de Carga Urbana do município de São Paulo, estabelece normas para o trânsito de caminhões em áreas específicas do município. Em 2008, tanto a abrangência da área restrita, quanto os

tipos de veículos e horários foram modificados, tornando-se mais rígida. Devido a este Decreto, um forte esquema de restrição a veículos de carga em determinadas regiões da cidade foi implantado, onde horários de circulação, tipos de carga transportada e dimensões dos veículos foram determinados pela Secretaria Municipal de Trânsito da cidade. Essa foi uma das formas encontradas pela administração para reduzir o problema oriundo da diferença entre a capacidade dos órgãos públicos em aumentar a oferta de vias e o crescimento acelerado do número de veículos. Para que veículos restritos possam transitar nessas áreas em horários proibidos, a prefeitura disponibiliza um alvará de liberação provisória (Autorização Especial para Caminhões), denominado cartão-caminhão, no qual o transportador fica responsável em respeitar os quesitos impostos; caso contrário esta liberação torna-se nula. Desta forma, a prefeitura tem um controle maior sobre as operações de carga/descarga e movimentação dos veículos de grande porte, além de influenciar a utilização da malha viária durante o período da noite, quando esta se encontra ociosa, reduzindo o número de veículos durante os períodos congestionados. A zona de restrição citada está representada na Figura 1.

Um dos poucos trabalhos atuais existentes e disponíveis no Brasil visando a importância do emprego de métodos que estimulam o uso de alternativas de entregas mais sustentáveis, do ponto de vista ambiental e social e, não apenas, no aspecto econômico, através da utilização dos métodos propostos pelo “*City Logistics*”, é o de Dutra (2004). O problema da última milha (conceito que mostra que normalmente a última milha percorrida pela mercadoria até o seu destino é a de custo mais elevado devido aos transtornos encontrado nas cidades) é abordado e novos conceitos em entregas são utilizados para checar a eficiência desses, na cidade de Florianópolis (SC), quanto ao serviço de entregas parceladas na área central da cidade, normalmente prestado pelos Correios (ECT).

No trabalho de Dutra (2004) foi mostrado que mesmo sendo relativamente pequena a área coberta pela pesquisa; apenas o centro da cidade de Florianópolis; e englobando apenas o serviço de entregas de mercadorias do correio, resultados considerados satisfatórios do ponto de vista social foram obtidos. As localizações mais interessantes, do ponto de vista de

logística urbana para o serviço de entrega de mercadoria, foram encontradas levando em consideração o crescimento da demanda, da cidade e de diferentes taxas de adesão.

Os projetos experimentais na área de logística urbana são positivamente encorajadores, porém limitados, tanto na área de atuação governamental quanto no número de transportadores e empresas engajados no processo.

Novos modelos organizacionais para o gerenciamento do movimento de carga dentro dos limites urbanos são necessários, onde as autoridades da cidade têm um papel mais ativo, similar ao que ocorre no transporte urbano público. Sistemas de transporte de carga bem sucedidos não podem ser alcançados sem um entendimento, colaboração e parcerias entre o setor público e o privado, principalmente onde o setor privado é o maior interessado e atuante neste mercado. O avanço e melhoria do Intelligent Transportation Systems (ITS) e outras tecnologias aumentam significativamente as chances de desenvolvimento de sistemas avançados de gerenciamento das políticas do transporte de carga urbana. (CRAINIC *et al.*, 2004)

Algumas medidas em relação ao transporte urbano de carga fracassam por várias razões, desde a novidade deste tema nas agendas dos administradores do transporte urbano, até a falta de conhecimento quanto ao processo de implantação e ataque aos problemas colaterais causados pelas mudanças (MACÁRIO *et al.*, 2007). Outro grande problema levantado quanto à modelagem de um sistema de transporte de carga urbana é a dificuldade em criar e entender a matriz origem destino, devido principalmente, ao fato da grande maioria do transporte ser feito por empresas privadas e ter como característica as entregas bastante fragmentadas. Uma das formas propostas como solução para este problema é a criação de uma fonte de dados estatísticos do transporte de carga, oriundo da parceria público privado.

Governos de vários países investem em sistemas de informação que identificam e integram os vários agentes envolvidos na distribuição de carga antes de tomarem grandes decisões relativas ao modelo a ser adotado. Este é o caso do projeto TOPOLISZ, no qual o governo Húngaro desenvolveu um mapa digitalizado detalhado para a cidade de Budapeste,

contendo os pontos de interesse, para que os administradores possam dar soluções com embasamento em dados reais e atuais dos problemas do transporte de carga urbana.

(PROJECT 99, 2007)

Na Alemanha, os administradores pretendem, através do projeto MOSCA (*Decision Support System For Integrated Door-to-door Delivery:planning And Control In Logistic Chains*) identificar e integrar os fluxos de mercadoria e as instalações existentes dentro da cidade e, com a ajuda de sofisticados modelos de transporte de carga urbana, acessar e controlar este transporte de acordo com as necessidades da cidade. (MOSCA, 2008)

Na Universidade Técnica de Lisboa, um projeto designado LOGURB (*Optimization of Logistic Systems for Goods Distribution in Urban Settlements*), propõe uma metodologia em três passos como forma de encontrar a melhor solução global em logística urbana. O primeiro passo consiste em encontrar grupos aproximadamente homogêneos quanto às necessidades de transporte, baseando-se na característica urbana da área, nas necessidades logísticas das empresas e nas características dos produtos comercializados e transportados por elas. Tais grupos são denominados *Logistic Profile* ou perfil logístico. O segundo passo é a avaliação das soluções logísticas propostas quanto aos diferentes critérios baseados na conveniência de servir os perfis logísticos. No terceiro e último passo o impacto da solução escolhida é modelado de acordo com os custos e benefícios agregados, caso seja implantado.

Para Macário *et al.* (2007), a maior dificuldade em se encontrar uma solução ótima para os vários usuários do sistema de transporte de carga urbana está no fato de existir um grande número de perfis logísticos diferentes, e grupos de interesse muitas vezes conflitantes.

Ao mesmo tempo em que a população deseja uma cidade sem caminhões, ela procura serviços de entrega mais rápidos e menos onerosos, sendo assim, os transportadores tendem a subutilizar os veículos fazendo entregas fragmentadas sem uma ordenação que vise uma otimização no uso dos recursos. A obtenção e tratamento dos dados referentes às necessidades logísticas dos agentes chave propiciarão um melhor entendimento dos objetivos, e conseqüentemente os efeitos positivos e negativos das decisões poderão ser previstos e mensurados.

Estudos mostram que há vários anos o transporte de carga urbana é responsável por altos custos para as cidades, como demonstrado pelo estudo COST 321 (1998 *apud* MACÁRIO *et al.*, 2007), realizado em alguns países europeus em 1998. O citado estudo revela que a distribuição de carga foi responsável por 10 a 15% da movimentação dos veículos automotores nas cidades, além de 40% de toda a energia consumida. Outro dado importante diz respeito à origem e destino destas viagens; 25 a 60% de toda a movimentação ocorrem dentro da cidade (origem e destino dentro do mesmo centro urbano).

Com o desenvolvimento de modelos de simuladores, surgiram no processo de logística urbana, ferramentas de apoio ao tomador de decisão para auxiliar no processo de logística urbana. Alguns exemplos destas ferramentas são descritas a seguir.

O programa Freturb, com a finalidade de avaliar e analisar cenários, criado pelo LET (*Laboratoire d'Economie des Transports*) da cidade de Lyon, França, calcula o número de veículos atraídos a uma determinada região devido às necessidades logísticas, rede viária e disponibilidade de estacionamento. O referido programa foi aplicado na cidade de Lyon, dentre outras.

O programa WIVER, que vem sendo utilizado em Berlim e Roma, possibilita o cálculo do tráfego esperado na área urbana (viagens geradas por diferentes agentes econômicos), baseado em dados de comportamento, e permite ao tomador de decisão várias segmentações de dados.

O programa VISEVA, que foi adicionando sobre a ferramenta WIVER, um teorema de sistemas dinâmicos, calcula as viagens de uma maneira desagregada para pares de origem-destino, para grupos homogêneos ou conforme o comportamento dos agentes chaves; o modelo foi aplicado em várias regiões e nas cidades de *Stuttgart*, *Freiburg* e *Chemnitz*.

O programa NATRA, desenvolvido especialmente para a região sueca de Estocolmo, baseia-se em extensiva pesquisa quanto à logística urbana existente naquela região.

O modelo aplicado na cidade de Groningen (Holanda) foi o programa GOODTRIP, que permite o cálculo dos fluxos de produtos, o tráfego gerado e seus impactos, possibilitando a

avaliação das diferentes fases e estágios do processo de distribuição de carga urbana, além de avaliar diferentes cenários. O programa possibilita ter, como dados de saída, as distâncias viajadas e os fatores de carga em diferentes esquemas de cadeia de suprimento.

Os maiores desafios enfrentados pelos modelos referem-se ao grande número de perfis logísticos dentro de uma mesma região e, às mudanças constantes nos padrões de compras, como é o caso das vendas pela internet. Neste setor, a maior mudança foi encontrada no B2C (*Business to Consumer* – comércio entre empresas e o consumidor final), onde as grandes mudanças aconteceram, principalmente, em virtude da forma com que os produtos passaram a ser solicitados (Dutra, 2004).

Há pouco tempo atrás, acionavam-se agentes intermediadores, ao se fazer um determinado pedido em uma loja (vendedor regional, depósito, armazéns e finalmente o fabricante). Atualmente, com os avanços da telecomunicação e internet, este canal de comunicação ficou bastante direto, acarretando aumento no número de encomendas parceladas e conseqüente redução das dimensões dos pacotes e aumento do número de viagens de entrega.

Além de modelos novos, cada vez mais sofisticados, novos equipamentos e idéias foram desenvolvidos para tentar resolver alguns problemas oriundos destas mudanças nos padrões de compra. Uma destas formas é a utilização de pontos comerciais de fácil acesso e próximos ao destino final ou de preferência do cliente, como dispositivo de armazenamento e entrega de encomendas. Tais pontos podem ser *shopping centers*, estações de transporte público, estacionamentos, postos de gasolina e outros. O cliente é questionado quanto à melhor localização para que possa pegar a sua encomenda, dentro de várias opções de localização, posteriormente um “espaço” neste local é reservado a esta encomenda, e ao cliente é enviada uma senha para que possa pegar a sua mercadoria no local e horário combinado.

O serviço de armazenamento e liberação da encomenda pode ser feito através de um local com pessoal próprio, treinado para tal função, ou utilizando um equipamento designado de *box* ou simplesmente caixa. Este *box* é uma caixa com dimensões variadas, contendo pequenos, médios e grandes compartimentos, como um armário de malas utilizado nas estações de trem, ônibus e aeroportos. A diferença está na concepção desse equipamento,

pois a empresa responsável pela entrega da encomenda coloca a mercadoria em um destes compartimentos previamente separado, podendo ser retirado somente pelo cliente que recebeu a senha que abre a porta. Após aberta a porta, a senha é modificada e este espaço é utilizado para outra encomenda.

Segundo Laseter e Shapiro (2003), os dois principais motivos para o aumento das entregas atualmente são: a maior realização de transações B2B (*Business to Business* – comércio de empresa para empresa) e principalmente B2C (devido às vendas pela internet), gerando, muitas vezes, um pacote por viagem e a necessidade de uma segunda viagem quando o cliente não se encontra em casa. Os mesmos autores ressaltam ainda os principais fatores econômicos pertinentes ao transporte de carga na última milha como sendo: a média da distância de viagem por pacote por caminhão (tendo grande influência da densidade populacional na área de entrega); número de pacotes por caminhão e número de tentativas de entrega da encomenda.

No sistema *box* o objetivo principal é aumentar o número de encomendas por veículo por viagem efetuada, alcançado pela concentração das encomendas em um único local, ao contrário do sistema de entrega porta-a-porta, que tende ao aumento da fragmentação das entregas. A ausência do cliente final no endereço para receber a mercadoria é apontado pelas empresas prestadoras de serviço de entrega de encomendas como sendo um dos maiores desafios, sendo solucionado pelo sistema *box*, pois independentemente da presença do destinatário a mercadoria é deixada no local firmado entre empresa e cliente, ficando a critério deste a melhor forma e horário de retirar a encomenda.

Como se pode ver, a utilização deste dispositivo, se comprovada a demanda potencial, torna-se bastante atrativa, por reduzir a distância média de viagens dos caminhões, aumentar o número de pacotes e reduzir as tentativas de entrega, sendo por este motivo, que vários projetos como os descritos anteriormente estão sendo aplicados em várias partes do mundo.

Projetos e estudos estão sendo desenvolvidos e testados mundialmente, mas como mencionado por Crainic *et al.* (2004) deve-se ressaltar que a integração e visão ampla do funcionamento da cidade são fatores chave do sucesso para atingir simultaneamente uma redução no congestionamento e aumento da mobilidade urbana, sem penalizar as atividades

comerciais nos centros urbanos. Essa integração e visão só são permitidas por um sistema de informação com dados reais, atualizados e estruturados de forma clara, como o proposto pelo presente trabalho.

De acordo com a análise da literatura nacional e internacional, percebe-se que existe um espaço para o desenvolvimento de uma proposta no sentido de auxiliar os responsáveis administrativos públicos e privados, quanto ao conhecimento e visualização dos problemas inerentes à logística urbana. Não na forma de uma resposta aos seus problemas em curto prazo, mas sim na possibilidade de compreender melhor a realidade da movimentação da carga urbana e suas inter-relações na cidade, proporcionando maiores chances de sucesso na escolha da melhor solução.

Nas cidades de grande porte, os problemas referentes ao transporte de carga urbana já adquiriram proporções tais que as formas de minimizar seus efeitos se tornaram dispendiosas e complexas.

Quando se estuda o problema da logística urbana em cidades de pequeno e médio porte, onde os problemas ainda são menos complexos, além de ser mais fácil solucionar, em muitos deles, a partir da simples observação criteriosa do processo, cria-se o hábito de projetar a cidade também para a movimentação de cargas e para a melhor forma de abastecê-la de forma sustentável, antes que o problema atinja grandes proporções.

3. MÉTODO

O método proposto para a estruturação de um sistema básico de informação se divide em duas etapas. A primeira etapa, objetiva montar o sistema de informação para a compreensão da movimentação de carga na cidade e inseri-lo em um programa de SIG. A segunda etapa é mostrar como o sistema pode ser utilizado em um processo de análise. O SIG será utilizado na análise de propostas tais como cooperativa, terminais logísticos, restrições de tráfego, etc., para a melhoria do transporte urbano de carga. No Fluxograma 1 estão representadas as etapas do método.

Fluxograma 1- Etapas do método

3.1 Estrutura Geral

Na primeira etapa, o interesse do planejador concentra-se na coleta de dados, para conhecer a realidade da movimentação de carga e permitir a construção de cenários de situações futuras. Esta característica inicial do sistema está representada no Fluxograma 2.

Fluxograma 2 - Detalhamento da primeira etapa do método

Para montar o sistema de informação, uma grande quantidade de dados deverá ser coletada junto a órgãos públicos e privados, e periodicamente atualizados.

Os dados concernentes à rede de transportes serão obtidos junto aos órgãos públicos, e os relativos ao pólo gerador de viagens serão coletados junto aos órgãos privados. Como detalhado no Fluxograma 3, os dados necessários para a primeira etapa foram divididos em existente e previsto. Isso se dá ao fato da necessidade de conhecer a realidade atual da movimentação de carga e de analisar cenários futuros. Os dados relacionados como “previsto” no Fluxograma 3, somente serão necessários nos casos de estudo para ampliação da rede viária, novos pólos geradores de tráfego e para mudanças previstas nos volumes de mercadorias ou geometria das vias.

Fluxograma 3 - Estrutura dos dados necessários para a primeira etapa

Os dados referentes à construção da rede serão encontrados nos órgãos públicos, por ser a malha viária, normalmente, administrada pelos órgãos públicos, e por serem eles os principais responsáveis pela execução de mudanças (por exemplo: alterações na geometria das vias, implantação de novas regulamentações, novos zoneamentos) para solucionar parte dos problemas relacionados à movimentação de carga nos centros urbanos. Já os dados utilizados para a determinação das características dos pólos geradores serão provenientes das empresas que utilizam as vias.

3.2. Construção da Rede

3.2.1. Dados Necessários para a Construção da Rede de Transportes

São várias as alternativas existentes para resolver os problemas relacionados ao transporte urbano de carga. A melhor forma de o gestor público atingir seus objetivos é a forma indireta, induzindo as empresas a realizarem políticas de abastecimento compatíveis com os objetivos da administração pública.

Como as regras de uso do solo e das vias estão sob comando dos órgãos públicos, esta forma indireta é a maneira utilizada para induzir as empresas ao objetivo da administração pública. A ferramenta mais comum é a restrição de uso das vias, onde determinados tipos de veículos são proibidos de circularem em determinadas rotas, regiões e horários.

Os dados considerados necessários para a construção da rede estão relacionados à geometria e à capacidade da via. O estudo da geometria da via prioriza uma verificação quanto à possibilidade de um determinado veículo transitar por ela e por suas interseções, respeitando as leis de trânsito. Um veículo ao transitar pelas vias deve utilizar apenas uma faixa de rolamento, e nas interseções fazer uso do espaço que lhe é destinado às conversões, não invadindo faixas nem canteiros e/ou calçadas.

A separação dos dados necessários à construção da rede de transporte está esquematizada no Diagrama 1 e detalhada nos itens seguintes.

Diagrama 1 - Esquema dos dados necessários à construção da rede de transportes

3.2.1.1. Geometria da Via

Para que um veículo possa circular pelas vias urbanas até o seu destino, e posteriormente estacionar para o ato da carga e descarga, algumas regras devem ser cumpridas. O veículo não deve invadir a faixa de outros veículos, nem subir em calçadas ou em obstáculos tais como ilhas. Deve-se observar em seu trajeto, obstáculos que comprometam a segurança de outros usuários, bem como a do veículo em estudo.

O estudo da geometria da via visa listar todos os componentes geométricos que interferem na circulação de um veículo, para que se possa decidir pela liberação ou não destes veículos pelas vias a serem transitadas.

As vias são compostas por arcos (ou linhas) e interseções (representadas por pontos ou nós). Os dados necessários para a análise da compatibilidade do veículo com a via são os mesmos para os dois elementos, porém com diferentes importâncias, devido à natureza do movimento e suas conseqüências em cada deles.

Quando descrevem trajetórias curvas, os veículos ocupam fisicamente espaços laterais maiores que as suas próprias larguras. Com a finalidade de compensar esse fator, os trechos em curva podem ser alargados, de forma a oferecer aos usuários condição de fluidez, no que diz respeito à disponibilidade de largura de faixa de trânsito. Esta largura adicional das faixas de trânsito, para os trechos em curva, é denominada de sobrelargura. A largura adicional

está ligada a vários fatores, principalmente, à distância entre eixos de um veículo, pois quanto maior esse valor, maior será a sobrelargura gerada pelo veículo. Outro fator a ser estudado é a altura máxima disponível para os veículos transitarem na via, levando em consideração os obstáculos verticais nela existentes.

Gabaritos para a geometria horizontal

No caso das interseções, a sobrelargura é geralmente o grande problema, devido à acentuada curva executada pelos veículos. As informações essenciais para o estudo da compatibilidade entre o veículo e a via, no que se refere ao gabarito horizontal, estão representadas na Figura 2.

Figura 2 - Representação dos dados a serem coletados

Desenho	Descrição (Acurácia de medição do valor)
1	Largura total da via de origem (20 cm)
2	Largura da faixa de estacionamento (20 cm)
3	Largura da faixa de rolamento no mesmo sentido do fluxo (20 cm)
4	Largura da faixa de rolamento no sentido oposto (20 cm)
5	Largura da faixa de estacionamento (20 cm)
6	Comprimento total da via de origem (1 m)
7	Distância entre o fim da faixa de estacionamento e o meio fio da via de destino
8	Raio de giro da esquina entre a via em estudo e a primeira à direita (20 cm)
9	Largura total da via de destino (20 cm)
10	Largura da faixa de estacionamento (20 cm)
11	Largura da faixa de rolamento no mesmo sentido do fluxo (20 cm)
12	Largura da faixa de rolamento no sentido oposto (20 cm)
13	Largura da faixa de estacionamento (20 cm)
14	Comprimento total da via de destino (1 m)
15	Distância entre o meio fio da via de origem e o início da faixa de estacionamento da via de destino
16	Afastamento da faixa de PARE (20 cm)

O planejador objetiva com a coleta destes dados a construção, nos casos das interseções, de um desenho representativo da interseção em estudo, para posterior comparação com gabaritos criados para os diferentes tipos de veículos. Assim, se os limites externos do gabarito do veículo em estudo não invadirem nenhum elemento da interseção representada, o veículo será liberado quanto à geometria horizontal da via. A Figura 3 mostra dois gabaritos de veículos com características geométricas bem diferentes, e na Figura 4 um exemplo da comparação citada anteriormente, combinando o tipo do veículo com os dados da interseção.

Figura 3 - Exemplos de gabaritos de veículos

Figura 4 - Exemplo de comparação da interseção com o veículo

A verificação para uma conversão segura para o veículo e para os demais usuários está representada na Figura 5; a área hachurada representa o espaço disponível na interseção.

Figura 5 - Área disponível e utilizada pelo veículo para a conversão

No item 3.3.3 (Características do Transporte), todos os veículos foram agrupados em categorias, respeitando os limites impostos pelos decretos vigentes. Cada categoria teve ao menos um gabarito de curva, neste caso com a pior combinação encontrada. Isto se deve ao fato da possibilidade de enormes combinações de dimensões dentro de uma mesma categoria, e à prática de modificação dos veículos.

Para o estudo do gabarito, foi utilizado neste trabalho o programa AutoTURN da empresa *Transoft Solutions*. Foram analisadas e testadas diversas combinações de dimensões dentro de cada categoria, visando encontrar aquela com menor compatibilidade com os elementos da via, principalmente o elemento meio fio.

Gabarito para a geometria vertical

Outro fator limitante, normalmente observado nos arcos urbanos, está relacionado à geometria vertical. Muitas vezes os veículos são obrigados a circular no meio de uma via, utilizando duas faixas de rolamento, devido à invasão das árvores e de placas na área exclusiva à circulação.

O gabarito vertical proposto é uma forma de analisar a liberação das vias em relação à altura permitida de veículos e os obstáculos que interferem na circulação segura pela via. A Figura 6 demonstra a situação em corte de uma via de mão dupla, com duas faixas de rolamento e estacionamento de ambos os lados da via. Observa-se na figura abaixo que os veículos estacionados, têm seu espaço invadido por outros objetos, neste caso placas de sinalização.

Figura 6 - Representação da geometria vertical em via de duas mãos

O gabarito tem por finalidade representar a área destinada e liberada por lei a qualquer veículo que respeite as dimensões veiculares descritas pelas normas vigentes na área em estudo, sejam elas resoluções federais, estaduais ou municipais.

Sendo assim, o gabarito proposto deve conter a altura máxima permitida aos veículos, a inclinação mínima da via para fins de escoamento da água e o afastamento a partir do meio fio permitido aos veículos, quando houver. A Figura 7 mostra o formato de um gabarito e seus elementos.

Figura 7 - Representação da geometria vertical

O gabarito mostrado na Figura 8, ilustra o fato das vias não serem elementos planos, devido à necessidade de escoamento de água, defeitos ou particularidades existentes na via.

A Figura 8 mostra o resultado de um gabarito vertical de uma via, com uma faixa de rolamento e uma faixa para estacionamento, tendo as seguintes características: 2% de inclinação (queda d'água), altura máxima permitida ao veículo de 4,40 metros, largura da faixa de estacionamento de 2,40 m, largura da faixa de rolamento de 3,0 m e sem afastamento entre a via e a calçada.

Figura 8 - Detalhamento de uma das mãos do exemplo de gabarito vertical

O resultado da combinação do gabarito vertical com o do veículo permitido a circular está na Figura 9. Nesta figura, percebem-se as incompatibilidades entre a área existente e a necessária para o veículo trafegar em segurança.

Figura 9 - Resultado da combinação do gabarito vertical da via com o veículo

Devido à inclinação da pista de 2%, um afastamento mínimo de 9 cm é necessário para a parte superior do veículo. Porém a largura total do veículo estacionado é superior à largura da faixa de estacionamento de 2,4 metros e, portanto a circulação do veículo do exemplo não deveria ser permitida, pois ele invade a faixa de tráfego oposta, isto sem considerar folgas entre os veículos e uma folga entre o veículo e o meio fio. Deve-se ressaltar que muitas vias urbanas têm inclinação transversal superior aos 2% utilizados neste exemplo, assim sendo o cálculo para o afastamento necessário é:

$$\text{Afastamento} = H \times i + M$$

H: Altura máxima permitida aos veículos

I: Inclinação transversal da pista (queda d'água)

M: Margem para equipamentos que extrapolam os limites dos veículos, como por exemplo, espelhos retrovisores.

Para um caso com altura permitida ao veículo de 4,40 m, inclinação da pista de 4% e margem de 30 cm, o resultado do afastamento a ser acrescentado ao gabarito é o apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Exemplo de afastamento para gabarito vertical

3.2.1.2. Capacidade da Via

A intenção em se estudar a capacidade de uma via urbana é a de saber o quanto falta para a via atingir um nível de serviço (uma qualidade de tráfego) considerado inaceitável pelos órgãos públicos. Com este parâmetro iniciativas são tomadas para se evitar a extrapolação deste volume.

O HCM 2000 (*Highway Capacity Manual*) é o material didático utilizado normalmente pelos projetistas e analistas de desempenho de rodovias para análises de capacidade e níveis de serviço. O capítulo 15 do HCM 2000 é dedicado às vias urbanas e foi inicialmente utilizado como alternativa na busca de índices de qualidade do tráfego. A classificação dos níveis de serviço para vias urbanas, criada pelo manual, se baseia na velocidade média de viagem e velocidade máxima desenvolvida na via no trecho em estudo.

A velocidade máxima desenvolvida na via depende da classe da via, a qual é definida a partir da caracterização funcional e geométrica. Para a determinação das classes das vias utiliza-se as definições encontradas no capítulo 10 do HCM 2000.

A velocidade média das viagens pode ser encontrada por meios computacionais e por meios de medidas feitas em campo. No capítulo 15 do HCM estão listados os passos necessários para se determinar a velocidade média por meios computacionais. Porém, devido à incerteza quanto aos índices utilizados pelo HCM para o método computacional, além de certa complexidade na sua utilização, esse não será apresentado neste trabalho. A velocidade média de viagem consiste na distância percorrida pelo tempo de percurso gasto naquele trecho. O tempo de percurso é a soma dos tempos do veículo em movimento, mais os tempos que ficam parados nos semáforos, cruzamentos ou outros locais e mais os tempos de desaceleração e aceleração nas paradas.

Na Tabela 1 o nível de serviço é fornecido em função da velocidade média e da velocidade máxima desenvolvida.

Tabela 1 - Nível de serviço para vias urbanas de acordo com HCM 2000

Classificação da via Urbana	I	II	III	IV
Intervalo de velocidade livre	90 a 70 km/h	70 a 55 km/h	55 a 50 km/h	55 a 40 km/h
Velocidade livre Típica	80 km/h	65 km/h	55 km/h	45 km/h
Nível de Serviço	Velocidade média de viagem (km/h)			
A	>72	>59	>50	>41
B	>56-72	>46-59	>39-50	>32-41
C	>40-56	>33-46	>28-39	>23-32
D	>32-40	>26-33	>22-28	>18-23
E	>26-32	>21-26	>17-22	>14-18
F	≤26	≤21	≤17	≤14

Fonte: HCM 2000

O próprio HCM 2000 aconselha a não utilizar a velocidade média como nível de serviço quando, em algum ponto da via, a demanda excede a capacidade. Desta forma, a movimentação de um veículo de carga em vias urbanas foi separada em momentos para que aqueles onde exista tal restrição sejam analisados de uma forma diferente da proposta pelo HCM. Assim sendo, a movimentação de um veículo foi dividida em três momentos, levando em consideração a interferência no fluxo de uma via.

O primeiro diz respeito à movimentação, na etapa em que o veículo se desloca da origem ao destino. Neste momento, a forma de se estudar a interferência do veículo neste fluxo se dá por equivalência do veículo em estudo por veículos tipo, ou de passeio. Desta forma, um veículo de carga é substituído, para fins de comparação, por um número “x” de veículos de passeio.

Os distúrbios no fluxo da via por motivo de manobra em interseções também são considerados parte do primeiro momento, por se tratar da movimentação, enquanto que a manobra para estacionar é considerada o segundo momento de interferência. A grandeza do distúrbio pode ser medida pelo acúmulo de veículos formado ao redor do veículo causador do distúrbio. Esta grandeza ocorre em função do volume de veículos que utilizam a via naquele momento, da quantidade de faixas que estão obstruídas pelo veículo e do tempo utilizado durante a manobra.

O terceiro e último momento ocorre quando o veículo está estacionado. Dependendo das dimensões da faixa de estacionamento e da largura ocupada pelo veículo, a faixa de rolamento ao lado pode estar obstruída. Outro fator importante que pertence a este momento é o ato da carga e descarga. Devido ao tipo de carroceria alguns veículos têm a capacidade de realizar a carga e descarga pelas laterais da carroceria, utilizando muitas vezes as faixas de rolamento como local de carga e descarga.

Atualmente existem vários programas computacionais dedicados ao estudo da movimentação de veículos na zona urbana, que incorporam em sua arquitetura fatores que interferem no fluxo dos veículos como os tempos de semáforo, paradas necessárias e filas. O *software* escolhido aqui foi o *Integration*, devido aos custos relativamente baixos quando comparados com as pesquisas em campo e a presença de pessoal qualificado existente no Departamento de Engenharia de Transportes da EESC (Escola de Engenharia de São Carlos) para operar e programar o *software*.

O *software* trabalha com uma rede constituída de nós e arcos. Nesta rede, são inseridos itens que interferem na caracterização do fluxo. Tais itens como volumes, tipo de veículo e pontos de parada são necessários, e devem ser coletados em campo. Os dados para a construção da rede são os comprimentos dos arcos, número de faixas, sinalizações existentes e os tempos dos semáforos.

O *Integration* integra à rede os dados relativos ao fluxo e retorna informações como tempo de viagem, velocidade média, emissões de partículas, para que comparações entre cenários futuros e atuais sejam realizadas. Assim, cada momento descrito anteriormente pode ter seus efeitos conhecidos e comparados entre si.

Quando um veículo utiliza apenas a faixa de estacionamento para a carga e descarga, respeitando os seus limites, o fluxo de veículos na faixa de rolamento permanece inalterado. Porém, nos casos em que existe uma invasão por parte do veículo estacionado, a faixa de rolamento sofre uma redução na sua capacidade de processamento, principalmente quando esta faixa está no limite inferior ao da largura recomendada e quando veículos de grande porte, largos, passam por este estreitamento.

É de direito do usuário a largura total da faixa em que está transitando, não sendo permitidas obstruções, como apresentado no Código de Trânsito Brasileiro (1998), no artigo 26:

Os usuários das vias terrestres devem: I – abster-se de todo ato que possa constituir perigo ou obstáculo para o trânsito de veículos, de pessoas ou de animais, ou ainda causar danos a propriedades públicas ou privadas; II- abster-se de obstruir o trânsito ou torná-lo perigoso, atirando, depositando ou abandonando na via objetos ou substâncias, ou nela criando qualquer outro obstáculo. (CTB, 1998)

Quando a largura restante da faixa de rolamento não é suficiente para a passagem segura de um veículo, a faixa obstruída, total ou parcialmente, deve ser desconsiderada como uma das faixas de rolamento existentes naquele trecho.

É notável, mesmo sem o uso de simuladores ou *softwares*, a grande interferência que os veículos provocam no fluxo do tráfego, quando os limites da faixa de estacionamento não são respeitados. Além de criar perturbações, estes veículos colocam em risco a vida dos operadores da carga e descarga, que utilizam parte da faixa onde veículos estão circulando, muitas vezes em alta velocidade, para o trabalho, como mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Descarga em supermercado

A segurança dos usuários deve ser independente de resultados de índices de congestionamento, poluição ou gastos energéticos, devendo os atos descontrolado da carga e descarga serem proibidos.

Durante o estudo para a obtenção de métodos de classificação foi constatada uma grande dificuldade na obtenção de índices que fossem realmente representativos da realidade do tráfego na via, ou em partes dela. Os fluxos nas vias sofrem influência por parte das interseções, e as variedades das mesmas são influenciadas também pela existência ou não de faixas de estacionamento e da rotatividade dos veículos que as usam, do tipo de veículo que circula, das dimensões de suas faixas, dentre muitos outros. Por todos os motivos citados, torna-se extremamente difícil uma caracterização ou classificação que represente fielmente a realidade do fluxo de uma via, ou de parte dela.

Com o foco na interferência que os veículos de carga provocam nas vias, pode-se concluir que durante a movimentação, a perturbação quando o veículo respeita os limites é comparável a um número “n” de veículos de passeio. Porém, quando certos limites não são respeitados, durante o ato da manobra e durante o tempo em que o mesmo está estacionado, as interferências no fluxo podem ser enormes, provocando grandes filas e riscos à segurança dos motoristas. Para estes casos, onde a demanda excede a capacidade, a caracterização do nível de serviço não pode ser feita através do HCM.

O esquema no Diagrama 2 representa os meios utilizados e os dados necessários em cada momento, quando existe a necessidade de índices para comparações entre cenários.

Diagrama 2 - Meios utilizados para obtenção dos índices de comparações entre cenários

A permissão de locais para a carga e descarga deve ser objeto de estudo detalhado, em que os fatores que influenciam no fluxo e segurança deverão ser considerados e analisados. O tipo de veículo a ser utilizado, como será feita a carga e descarga, os tempos necessários, as características da via relativas à geometria e fluxo, a área necessária para a carga e descarga e o local de destino ou origem da carga a ser entregue ou recebida, devem fazer parte dos dados necessários para a liberação e escolha do local. A Figura 12 apresenta um croqui do

que ocorre quando um veículo de carga tem largura superior à da faixa existente para carga e descarga.

Figura 12 - Interferência causada pelo veículo de carga no fluxo da via

3.3. Caracterização dos Pólos Geradores de Tráfego

As restrições à movimentação de veículos ocorrem por diversos motivos, dentre eles a segurança, a fluidez do tráfego, o meio ambiente, a organização das vias, etc.. Algumas cidades enfrentam problemas semelhantes, porém as soluções devem ser estudadas baseando-se em vários fatores, não apenas na semelhança. Para entender o fato que ocasiona o problema, no caso do transporte urbano de carga, não basta identificá-lo, deve-se conhecer as causas, os atores e as circunstâncias envolvidas no problema.

Na escolha de um determinado tipo de veículo para o transporte de cargas, vários fatores estão relacionados, porém os mais significativos referem-se ao tipo de mercadoria, volume comercializado, política da empresa quanto aos níveis de serviço ao cliente e à gestão do estoque. É importante ressaltar que normalmente as empresas fazem a escolha do veículo, ou serviço de transporte, visando reduzir os custos totais e aumentar a qualidade do serviço prestado.

O veículo de carga que trafega dentro dos centros urbanos, assim como no caso do transporte urbano de passageiros, existe por uma necessidade social, o abastecimento.

Em razão das grandes dimensões, pesos e quantidades das cargas transportadas, os veículos usados são freqüentemente de grande porte. Porém, as vias urbanas são dotadas de dimensões muito diferentes das necessárias para a circulação destes veículos.

Visando resolver alguns dos problemas enfrentados pelos operadores dos veículos nos centros urbanos; causados pela incompatibilidade do veículo com a via; as indústrias automotivas vêm lançando no mercado uma grande quantidade de novos tipos de veículos de carga de menor porte. Normalmente, estes novos veículos têm custos de operação mais elevados para o transporte, de uma mesma quantidade de mercadoria, quando comparado com os veículos de carga de grande porte.

Com o acréscimo no custo, alguns produtos passam a ter sua viabilidade econômica comprometida e agravada, como nos casos do transporte de grandes volumes, onde um número maior de veículos passa a ser necessário. A inviabilidade é mais representativa nos casos de produtos com baixo valor agregado, onde o custo do transporte tem maior participação no custo total.

Algumas restrições implicam em aumento nos custos de transporte, e podem transformar um negócio lucrativo em algo inviável. Os administradores devem conhecer as necessidades das empresas quanto ao transporte de carga, assim, as chances de sucesso de uma iniciativa são ampliadas, pois vários fatores que inviabilizariam a implantação de uma iniciativa em logística urbana passam a ser conhecidos e avaliados. As conseqüências poderão ser previstas, e soluções estudadas, tornando o processo mais próximo da realidade vivenciada pelos tomadores de decisão.

Os dados considerados neste trabalho como sendo necessários para o estudo da movimentação da carga foram selecionados para ajudar na compreensão das necessidades das empresas quanto ao transporte das mercadorias. Uma vez conhecidas as necessidades, as alternativas para o transporte destas mercadorias passam a atendê-las totalmente ou parcialmente, visando um equilíbrio entre os objetivos de cada ator envolvido.

Nesta pesquisa, a movimentação de carga foi considerada como o ato de deslocamento de uma determinada quantidade de carga, a partir de uma origem passando por arcos e

interseções até seu destino. Na movimentação, poderão existir pontos de parada utilizados para a carga e descarga, agregação e desagregação ou estocagem.

A organização e a separação dos dados, necessários ao presente estudo, estão representadas no Diagrama 3. Os dados foram separados em grupos, de acordo com o objetivo futuro da análise. Os dois primeiros (Características do Produto e Demanda) dizem respeito às características e volumes processados do produto comercializado. Os três grupos restantes têm a função de estudar as características e fatores que atuam no deslocamento das cargas, bem como na carga e descarga.

Diagrama 3 - Representação dos dados necessários à movimentação de carga

3.3.1. Características do Produto

O primeiro grupo, denominado características do produto, abrange as características próprias do produto a ser transportado, sendo possível saber quais mercadorias podem ser transportadas em conjunto com outras, devido às suas necessidades de acondicionamento, transporte, carga e descarga e suas dimensões.

Os dados considerados necessários para a caracterização do produto estão listados abaixo:

- ❖ Tipos de embalagem: é a última embalagem usada para o transporte da mercadoria, usada normalmente para acomodar e proteger embalagens, de menores dimensões, para o transporte e movimentação. Exemplos: barris, engradados, contêineres TEU's (*twenty-foot equivalent units* – 6,0 x 2,44 x 2,6 m), FEU (*forty-foot equivalent unit* – 12,2 x 2,44 x 2,6 m), tanques, *big bags*, paletes e gaiolas, são exemplos de acondicionantes de produtos ou embalagens contendo objetos de menores dimensões.
 - ❖ Dimensões: são as medidas necessárias para o dimensionamento de uma mercadoria e sua embalagem primária, sendo elas: área, volume, unidades e peso.
 - ❖ Tipo de mercadoria: devido à grande quantidade de tipos de mercadorias comercializadas, uma divisão em três grupos é proposta:
 - Produtos especiais - produtos em que a menor unidade comercializada, ou economicamente viável, requer cuidados especiais no transporte e/ou uso de equipamentos especiais (grandes veículos, equipamentos de carga e descarga específicos). É o caso dos produtos comercializados para construção civil, indústria química, veículos automotivos, matéria prima para indústria.
 - Produtos para logística reversa - grupos de produtos destinados à reciclagem, ao reaproveitamento e ao sistema de acomodação de lixo urbano (lixo orgânico). Estes produtos, em geral, devem ser transportados separadamente devido ao alto poder de contaminação.
-

- Produtos comercializados diariamente - grupos de produtos que poderiam ser transportados juntos sem terem a integridade comprometida.
- ❖ Cuidados com a mercadoria: cuidados que devem ser levados em consideração para a escolha das mercadorias a serem levadas em um mesmo carregamento. Durante a coleta dos dados, os cuidados listados abaixo devem ser questionados quanto à necessidade.

Os cuidados podem ser quanto a:

- Capacidade de contaminar outros produtos – liberam odores (presuntos, queijos, frutas, dentre outros), possuem em sua fórmula ingredientes nocivos à saúde (material de limpeza, lubrificantes, ácidos,...) e etc..
 - Necessidades quanto à temperatura – ambiente; refrigeração; congelamento ou aquecimento.
 - Cuidados relativos à umidade (produtos de papelaria, farinhas, etc.).
 - Peso máximo permitido sobre a embalagem (este dado normalmente consta nos rótulos das embalagens).
 - Cuidados com o manuseio – se é frágil, com necessidade de equipamentos especiais para a carga e descarga, pontos específicos na embalagem ou mercadoria para o manuseio.
 - Higiene – necessidade de roupas específicas (luvas, gorros, macacões, botas, etc.).
 - Curto prazo para a comercialização (frutas, verduras, legumes, carnes frescas, etc.).
-

- Luminosidade e raios solares – produtos que não devem ser expostos à luminosidade intensa e aos raios solares (principalmente os produtos farmacêuticos e químicos).
- Animais vivos.

3.3.2. Demanda

O segundo grupo, designado demanda, objetiva estudar os pólos geradores de carga, identificando-os, conhecendo os volumes gerados (considerando diferentes períodos) e características próprias, além das origens e destinos das cargas. Paralelamente a esta finalidade, existe o objetivo de criar uma base de dados para produzir e calibrar modelos de geração de volumes de carga para futuros pólos geradores.

Os dados necessários para os objetivos deste grupo são:

- ❖ Frequência de entrega/envio: número de entregas ou envio em diferentes períodos do dia, semana, mês e ano.
 - ❖ Tamanho da entrega/envio, por carregamento: volume, unidades ou peso da carga total que será carregada ou descarregada naquele ponto de entrega ou envio.
 - ❖ Área da empresa: a área em m² da empresa que está recebendo ou enviando a mercadoria.
 - ❖ Número de empregados na empresa.
 - ❖ Tipo de estabelecimento: o número de tipos de estabelecimentos se torna praticamente impossível de ser listado quando se imagina a enorme quantidade de combinações de tipos de mercadorias e serviços prestados em uma área urbana. Porém, é importante comparar os dados coletados, separando-os por tipos de pólos geradores. Devido a esta necessidade, procurou-se uma forma de cadastro pré-
-

existente e em uso, que atendesse as exigências de separação dos estabelecimentos em grupos com características semelhantes quanto à atividade econômica.

Com a intenção de identificar a atividade econômica em cadastros e registros de pessoa jurídica, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1994) através de uma revisão das classificações de atividades econômicas, criou a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). Ao prover uma base padronizada para a coleta e análise das estatísticas relativas à atividade econômica, a CNAE permite ampliar as comparações entre as estatísticas econômicas provenientes de distintas fontes nacionais, e das estatísticas do país no plano internacional.

O compromisso da CNAE com a harmonização internacional traduz-se na adoção de um padrão de relacionamento com a estrutura da CIIU/ISIC - *Classificación Industrial Internacional Uniforme*. A CIIU/ISIC foi adotada pelas Nações Unidas em 1948, e é usada como padrão internacional de referência no desenvolvimento de classificações nacionais e como instrumento de harmonização na produção e disseminação de estatísticas econômicas no nível internacional. Desta forma, as empresas passam a informar à Secretaria da Receita Federal um código, denominado CNAE, determinado pela atividade econômica principal, exercida por cada pessoa jurídica. O número CNAE será usado na coleta dos dados como o tipo do estabelecimento pesquisado, possibilitando uma padronização dos estabelecimentos bem, como uma comparação com índices internacionais.

O CNAE é uma classificação estruturada de forma hierarquizada em cinco níveis. São eles: seção, divisão, grupo, classe e subclasse, sendo a última definida para uso da administração pública. Para melhor entendimento seguem os exemplos:

Exemplo A:

Seção	G	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas
Divisão	47	Comércio varejista
Grupo	47.1	Comércio varejista não-especializado
Classe	47.11-3	Comércio varejista de mercadorias em geral, com predominância de produtos alimentícios - hipermercados e supermercados

Subclasse	4711-3/01	Comércio varejista de mercadorias em geral, com predominância de produtos alimentícios - hipermercados
-----------	-----------	--

Exemplo B:

Seção	G	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas
Divisão	47	Comércio varejista
Grupo	47.1	Comércio varejista não-especializado
Classe	47.12-1	Comércio varejista de mercadorias em geral, com predominância de produtos alimentícios - mini-mercados, mercearias e armazéns

Exemplo C:

Seção	G	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas
Divisão	47	Comércio varejista
Grupo	47.1	Comércio varejista não-especializado
Classe	47.13-1	Comércio varejista de mercadorias em geral, sem predominância de produtos alimentícios

Exemplo D:

Seção	G	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas
Divisão	47	Comércio varejista
Grupo	47.2	Comércio varejista de produtos alimentícios, bebidas e fumo
Classe	47.13-1	Comércio varejista de produtos de padaria, laticínio, doces, balas e semelhantes

Para fins comparativos a nível nacional e internacional, a informação referente à classificação quanto à atividade econômica da empresa pesquisada deve ser limitada à classe, não sendo necessária a subclasse.

- ❖ Origem e destino da mercadoria: O endereço de origem e o do destino da mercadoria, levando em consideração, se possível, o endereço do local utilizado para a carga e descarga, podendo ser um portão de entrada, estacionamentos públicos ou privados, etc..
-

3.3.3. Características do Transporte

A intenção ao se analisar os dados oriundos do grupo transporte, é a de identificar a forma como é feito o transporte da carga, relacionando o tipo de transportador, o proprietário do veículo, rotas normalmente utilizadas, bem como equipamentos existentes para a navegação. No projeto Francês Freturb (2008), uma comparação entre os dados de número de paradas, volume e comprimento por viagem, com os dados relativos à propriedade do veículo e tipo de transportador, demonstraram que quando o veículo pertencia a uma empresa terceirizada, do ramo do transporte, a ociosidade do veículo bem como o volume transportado era menor do que nos casos de veículo próprio da empresa proprietária da mercadoria.

Os dados necessários para caracterizar o transporte segundo este método, são:

- ❖ A quem pertence o veículo: o veículo utilizado para o transporte da mercadoria pertence a uma das opções listadas abaixo
 - Veículo próprio do receptor da mercadoria, ou destinatário.
 - Veículo próprio do fornecedor da mercadoria, ou da origem.
 - Veículo de uma empresa especializada em transportes. Esta empresa muitas vezes tem contratos que restringem as possibilidades quanto à heterogeneidade de produtos e marcas, podendo apenas transportar a marca comercializada pela contratante. Mesmo neste caso o veículo pertence à empresa transportadora.
 - ❖ Tipo de veículo utilizado nas entregas. Com a finalidade de agregar os veículos com características semelhantes quanto à geometria e às restrições legais; resolução 210 do CONTRAN (2007); foram utilizados grupos de veículos cuja nomenclatura é proposta por Widmer (2008), e apresentada no quadro (Tabela 3) a seguir e na Figura 14.
-

Tabela 2 - Dimensões dos tipos de veículos

	Comprimento estabelecido (m)	Largura máxima (m)
U2 Leves	6,30	2,20
U2 Semi-pesados 4 x 2	14,00	2,60
U3 Semi-pesados (Trucados)		
2Sn Semi-reboques de 3 a 5 eixos	18,60	2,60
3SnSn	19,80	2,60
3SnSnSn	30,00	2,60

Figura 14 - Representação geométrica dos grupos de veículos

Tabela 3 - Tipos de carroceria

Veículos Leves - U2	Veículos Semi-Pesados- U2	Veículos Pesados- U3
Furgão	Carga Seca	Carga Seca
Chassi Cabine Carga Seca	Bebidas	Bebidas
Chassi Cabine Baú Carga Seca	Gás Urbano	Gás Urbano
Chassi Cabine Baú Lonado (<i>sider</i>)	Gás Industrial	Gás Industrial
Chassi Cabine Baú Frigorífico	Gás Intermunicipal	Gás Intermunicipal
Chassi Cabine Baú Isoplastic	Gado	Gado
Chassi Cabine Bebidas	Florestal	Florestal
Chassi Cabine Gás Urbano	Canavieira	Canavieira
Carga Seca	Máquinas	Máquinas
Bebidas	Baú Carga Seca	Baú Carga Seca
Gás Urbano	Baú Lonado (<i>sider</i>)	Baú Lonado (<i>sider</i>)
Gás Industrial	Baú Frigorífico	Baú Frigorífico
Gás Intermunicipal	Baú Isoplastic	Baú Isoplastic
Baú Carga Seca	Tanque	Tanque
Baú Lonado (<i>sider</i>)	Caçambas	Basculante
Baú Frigorífico		Porta Contêiner
Baú Isoplastic		Silo

- ❖ Tipo de carroceria utilizada ou existente no veículo: os tipos de carrocerias estão de acordo com o tipo de veículo e representados na Tabela 4.
- ❖ Quantas paradas por viagem: a viagem inicia no momento do primeiro carregamento do veículo e termina quando o veículo retorna a um depósito ou empresa para recarregar ou descarregar a carga, sendo possível a partir daí recomeçar.

3.3.4. Características da Carga Transportada

Na movimentação de carga, as escolhas feitas pelos operadores estão normalmente interligadas, de forma que o veículo a ser utilizado em uma entrega depende do tipo de

mercadoria, bem como do volume e peso a ser transportado. Sendo assim, dependendo da carga a ser transportada, não apenas devido ao tipo, mas também ao peso e volume, o uso de determinados veículos torna-se impraticável. Como forma de redução dos custos, as cargas unitizadas com grandes dimensões são cada vez mais utilizadas para o transporte de grandes volumes. A intenção é analisar as características da carga a ser transportada, pois influenciam na escolha do veículo a ser utilizado.

Os dados a serem coletados estão listados abaixo:

- ❖ Tipos de acondicionamento: é a última embalagem usada para o transporte da mercadoria, usada normalmente para acomodar e proteger embalagens de menores dimensões para o transporte e movimentação.

Volume total transportado: é o volume total sendo transportado pelo veículo. Independente da quantidade de mercadoria descarregada no local pesquisado, quanto de carga o veículo está transportando para a jornada, que pode envolver vários pontos de carga e descarga.

3.3.5. Características da Carga e Descarga

Um dos grandes problemas gerados pela movimentação de carga em centros urbanos está relacionado ao momento da carga e descarga. São vários os exemplos de desrespeito por parte dos operadores de veículos de carga, utilizando a faixa de rolamento para o ato da carga e descarga de mercadorias. O objetivo da coleta e organização dos dados do grupo carga e descarga é facilitar a avaliação desse momento, analisando os problemas encontrados, as necessidades e os tempos despendidos na operação.

O ato de encontrar um local apropriado para a carga e descarga também é considerado pelos operadores de veículos de carga como problemático, gerando grandes perdas de tempo e conseqüentemente de produtividade.

Dados necessários na caracterização da carga e descarga de acordo com o trabalho aqui proposto:

- ❖ Equipamentos de carga e descarga utilizados na operação: quais são os equipamentos utilizados durante a carga e descarga do veículo, tais como guindastes, elevadores, carrinhos de mão, porta paletes, etc.
 - ❖ Local usado para a carga e/ou descarga: descrição do local onde as cargas e descargas são efetuadas, como estacionamento público localizado nas vias, faixa exclusiva para carga e descarga, baias localizadas no próprio estabelecimento, estacionamento próprio.
 - ❖ Endereço do local usado para a carga e descarga: para a localização do ponto utilizado para a carga e descarga da mercadoria utiliza-se o nome da rua e o número do imóvel à frente do lugar usado para a carga e descarga dos produtos, ou um endereço em coordenadas UTM (sistema de coordenadas *Universal Transverse Mercator*).
 - ❖ Tempo despendido para encontrar ou esperar por um local para a carga e descarga: a partir do momento de chegada ao local do carregamento ou descarregamento, quantos minutos são necessários para se encontrar um local apropriado.
 - ❖ Tempo necessário para o ato da carga e descarga.
 - ❖ Horário da carga e descarga.
 - ❖ Equipe envolvida na carga e descarga: quantas pessoas são envolvidas na carga e descarga.
 - ❖ Carga com tempo estipulado crítico ou não: se o carregamento ou descarregamento tem um horário específico para acontecer.
-

3.4. Inserção dos Dados em um SIG

O Sistema de Informação Georeferenciado (SIG) tem sido usado em grande número de aplicações em que se associam informações a locais georeferenciados. Existem vários SIGs comerciais; neste trabalho foi usado um com vasta aplicação, o TransCAD.

O TransCAD é um sistema utilizado para armazenar, mostrar, gerenciar e analisar dados de transporte, combinando um SIG e um sistema de modelagem de capacidades de transporte em uma plataforma integrada (SIG-T). Trabalhando com todos os modais de transporte, esse sistema, quando aplicado a modelos de roteamento e logística, pode ser utilizado por diferentes setores (públicos ou privados). (MELO; FERREIRA FILHO, 2001 *apud* PALHARES, 2008)

3.4.1. A construção da rede viária

Para a construção da rede são necessários os dados relacionados a seguir. Estas informações são utilizadas para a geração de arcos e nós, que representam a rede viária.

- Os comprimentos das vias, de centro a centro das interseções.
- Número de faixas de rolamento e estacionamento.
- Os sentidos das vias.
- Volume e composição do tráfego atual nas vias.
- Localização geográfica das interseções.

Tipos de veículos proibidos nas interseções (informações obtidas através do estudo proposto no item 0

- Geometria da Via).

A Figura 15 demonstra um exemplo de rede criada no SIG-T TransCAD.

- Relação dos arcos com proibição por geometria vertical, por tipo de veículo;
- Relação das interseções (ou nós) com proibição por geometria por tipo de veículo e dos arcos que antecedem estas interseções.

As vias podem ter restrições relacionadas ao grande volume ou baixa capacidade de processamento do tráfego em determinados momentos do dia. Visando manter ou melhorar a qualidade do tráfego, alguns tipos de veículo podem ter sua circulação restringida em determinadas vias ou regiões.

Os arcos com circulação proibida devido à capacidade são desabilitados da rede de trabalho do veículo com restrição, assim como ocorre com as redes de trabalho dos veículos com restrição à movimentação devido à geometria da via.

O dado necessário para esta restrição é:

- Relação dos arcos com proibição por capacidade para cada tipo de veículo.

Para a definição das vias com restrição por capacidade para cada tipo de veículo, utiliza-se o método proposto no item 3.2.1.2 (Capacidade da Via).

3.4.3. A Inserção de Dados dos Pólos Geradores de Tráfego

Os pólos geradores de tráfego são representados por pontos e separados em grupos, denominados camadas. Cada camada de ponto representa um tipo de atividade econômica, desta forma, a análise pode ser feita separadamente por tipo de empresa. O ponto, de acordo com o objetivo desta pesquisa, deve representar o local de entrada ou saída da carga na rede.

O TransCAD integra um ponto à rede quando ele se encontra próximo à via. Essa integração pode se dar por duas maneiras distintas. Na primeira, o *software* quebra o arco na altura do pólo gerador. Esta solução traz uma precisão na localização do pólo dentro do arco, porém o divide. Essa divisão acarreta dificuldades de comparação, pois, o número de arcos fica diferente em cada rede.

Na segunda maneira, a interseção mais próxima ao ponto gerador de tráfego será o endereço daquela empresa na rede. Sendo assim, a rede continua com o mesmo número de nós e arcos, possibilitando uma comparação entre redes mais fácil e confiável. O problema, neste caso, é a imprecisão quanto a localização do pólo gerador no arco.

Devido ao objetivo de se utilizar o SIG TransCAD para a análise de propostas, a segunda maneira de integrar o ponto à rede é a escolhida neste trabalho, sendo imprescindível a comparação entre redes.

O dado necessário para a inserção é o endereço do local usado para a entrada da mercadoria, e o tipo de atividade econômica desenvolvida pela empresa.

Os dados referentes à movimentação de carga, relacionados no item 3.3, são organizados em um banco de dados e referenciados aos pontos representativos dos pólos geradores no SIG. Cada ponto conta com informações que podem ser agrupadas e analisadas de forma a testar soluções para o problema da movimentação da carga em centros urbanos. As informações armazenadas em cada ponto no banco de dados estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Cabeçalho do banco de dados dos pólos geradores

Restrições		Demanda					
Tipo de Restrição	Tipo de Mercadoria	Frequência	Quantidade (kg)	Volume (m³)	Tipo de Acondicionamento	Origem	Janela de Tempo (s/n)

4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO

O problema escolhido, a forma de coleta dos dados, os dados coletados em campo e a execução do método proposto no capítulo 3 (Método), estão demonstrados neste documento como um exemplo em pequena escala.

O problema a ser resolvido por uma administração pública, quanto ao transporte urbano de carga, pode ser relacionado a uma grande área ou a uma área pontual. O método desenvolvido nesta pesquisa servirá para a análise de ambas as situações; sendo que o problema poderá envolver várias vias, bairros, tipos de veículos ou com o foco em apenas uma empresa, ramo de atividade, região urbana ou via.

4.1. Tipo de Problema Escolhido para Análise

O problema escolhido para análise é pontual. Supermercados que têm inicialmente atividades envolvendo determinado volume de vendas e que, com o passar do tempo esse volume aumenta consideravelmente, resultando na aquisição de outros imóveis ao seu redor e na modificação do uso do solo e do fluxo de veículos na região. Problema comum em cidades brasileiras de porte médio, representando uma questão proposta a ser resolvida. O exemplo de aplicação do método descrito neste capítulo trata do estudo feito com um supermercado com as características mencionadas acima.

O estudo de caso ocorre na cidade de São Carlos, localizada no interior do estado de São Paulo. De acordo com o IBGE (2008), a cidade tem 212.956 habitantes, 69.000 automóveis e mais de 3.000 caminhões.

A empresa escolhida para o estudo é um supermercado, situado em uma via arterial importante para a cidade, com funções de ligação entre o centro e bairros periféricos. O ponto comercial está localizado em uma área composta hoje por comércio, casas e edifícios residenciais, diferente do cenário do início da empresa em estudo; quando a região era composta apenas por residências unifamiliares.

O supermercado em questão conta com mais de cento e vinte empregados, além de uma segunda loja e um depósito, localizados em outras regiões da cidade.

Os problemas oriundos do aumento do número de automóveis na região, por ser um pólo de atração de viagens, são importantes, porém não foram estudados, dado que o foco da pesquisa está nos veículos responsáveis pela movimentação da carga para abastecer esse pólo.

4.2. Aplicação do Método

A aquisição de dados foi separada em duas frentes, uma junto aos órgãos públicos, onde os dados referentes ao item 3.2.1 (Dados Necessários para a Construção da Rede de Transportes) foram coletados. A segunda frente coletou os dados do item 3.3 (Caracterização dos Pólos Geradores), junto à empresa focada no exemplo.

Os dados referentes à capacidade e geometria da via, bem como os necessários à construção da rede de transportes, foram adquiridos junto à Prefeitura Municipal de São Carlos e ao Departamento de Engenharia de Transportes da EESC/USP.

A coleta dos dados para a movimentação de carga foi realizada na empresa durante um dia. Para a escolha do dia de pesquisa foi feito um levantamento, junto ao gerente responsável do supermercado, para a obtenção dos volumes médios de abastecimento durante a semana. Constatou-se que nas segundas e sextas-feiras o volume de descarga é maior que nos demais dias, devido ao fato de o supermercado funcionar aos sábados e por questões estratégicas quanto ao armazenamento. O dia escolhido para a coleta de dados foi então quarta-feira. A forma utilizada de aquisição de dados foi um questionário, preenchido por um pesquisador treinado.

A empresa estudada foi consultada anteriormente sobre a possibilidade da pesquisa. Os dados e a forma de coleta foram apresentados. Nenhum dos dados necessários foi negado, sendo a única exigência o anonimato da empresa e dos colaboradores.

O questionário destina-se a um único descarregamento ou veículo, desta forma cada questionário preenchido representa uma descarga no local pesquisado. Os pesquisadores fizeram medições, observações e perguntas aos responsáveis pelo transporte e descarga das mercadorias, para o correto preenchimento do questionário. O treinamento anterior dos pesquisadores, de forma a esclarecer dúvidas e a troca de sugestões quanto à forma de coleta dos dados foi de grande importância para o sucesso da pesquisa.

4.2.1. Coleta dos Dados

Cada veículo de carga que estacionou próximo ao supermercado foi recebido por um pesquisador. Após breve apresentação do propósito da pesquisa, o pesquisador iniciava o preenchimento do questionário, primeiramente pelos itens que necessitavam de respostas dos profissionais responsáveis pelo transporte da carga, passando por anotações existentes nas notas de recibo e finalizando pelas questões que necessitavam de observações e medições *in loco* da mercadoria descarregada e do veículo utilizado para o transporte.

A descarga no supermercado estudado inicia-se às 08hs, com intervalo de 02hs a partir das 11hs, e encerrando o período de entregas às 17hs.

O *software* TransCAD, utilizado para o sistema proposto, necessita de uma rede representativa da cidade em estudo. Os arquivos da rede, contendo arcos, nós, nomes de ruas, numeração e sentido das vias, foi repassado pelo Departamento de Engenharia de Transportes da EESC. A Prefeitura Municipal de São Carlos cedeu os arquivos utilizados no *software* AutoCAD, para que a rede fosse atualizada e conferida, bem como os dados referentes aos fluxos de veículos nas vias necessárias para o estudo da capacidade de tráfego.

Os dados citados no item 0 (

Geometria da Via), necessários para conferir se os veículos encontrados no supermercado têm condições de trafegar nas vias foram coletados utilizando trenas.

As interseções e arcos foram analisados para cada tipo de veículo, resultando em uma tabela de restrições por veículo. Essas informações foram inseridas na rede de trabalho de cada tipo de veículo.

4.2.2. Inserção de Dados no SIG

O método propõe uma série de etapas para a construção do SIG no item 3.4.1 (A construção da rede viária). Os resultados, bem como as considerações feitas em cada etapa, estão mostrados abaixo.

Construção da rede viária:

A rede utilizada foi construída pelo Departamento de Transportes da EESC. A tabela de dados foi alterada de forma a apresentar uma coluna para cada dado necessário.

A Figura 16 mostra uma parte da rede final, feita com o TransCAD.

Figura 16 - Rede em SIG da cidade de São Carlos

Inserção das restrições geométricas e de capacidade:

- ❖ Cada tipo de veículo criado mencionado no item 3.3.3 (Características do Transporte) tem uma rede de trabalho própria, contendo as vias com restrição à movimentação desse veículo desabilitada, como explicado no item 3.4.2 (A inserção de Restrições Geométricas e de Capacidade). Tais vias podem ser desabilitadas devido à restrições geométricas e/ou capacidade.

O estudo para determinação das vias com restrição para cada tipo de veículo está apresentado no item 4.3. Nele o método proposto foi utilizado para elaborar um diagnóstico e a partir daí algumas alternativas puderam ser analisadas.

Inserção de dados do pólo gerador de tráfego

Todas as informações referentes à movimentação de carga coletadas em campo foram organizadas em um banco de dados e referenciadas ao ponto comercial inserido no SIG.

4.3. Elaboração de um Diagnóstico (Mãe a partir daqui não mexe porque ainda vou mudar o texto)

A primeira parte do diagnóstico analisa a questão da movimentação da mercadoria, desde a origem até o ponto comercial estudado. A intenção é descobrir se o caminho utilizado pelos veículos pesquisados pode ser realizado levando em consideração, nesta etapa, a geometria da via e das interseções.

Devido à localização da cidade de São Carlos e ao grande número de cidades importantes à economia nacional dentro de um raio de 200 km, vários carregamentos tiveram origem em cidades vizinhas, como é mostrado na Tabela 5.

Tipo de Veículo	Origem
U3	Depósito central do supermercado
U2	Piracicaba
U3	Ribeirão Preto
U3	Descalvado
U2	Ribeirão Preto
U3	Ribeirão Preto
U3	Descalvado
U3	Ribeirão Preto
U2	Descalvado
U3	Descalvado
U2	Araraquara
U3	Ribeirão Preto
U3	Baurú
U2	Ribeirão Preto
U3	São Carlos
U2	Ribeirão Preto
U2	Ribeirão Preto
U2	Luiz Martins Rodrigues, 460, São Carlos
U3	São José do Rio Pardo
U2	Barretos

Tabela 5 - Tipos de veículos utilizados e o local de início da viagem

Existem várias possibilidades de entrada em São Carlos devido ao grande número de rodovias que passam pela cidade. Durante a pesquisa, perguntou-se aos motoristas dos veículos qual entrada eles utilizariam se viessem direto da origem para o supermercado pesquisado. Quinze dos dezoito motoristas, com origem fora de São Carlos, responderam preferir a entrada da Avenida Professor Luiz Augusto de Oliveira, posteriormente chamada de Avenida São Carlos. A razão desta opção é a possibilidade de chegar ao destino sem a necessidade de passar pelo antigo centro da cidade, onde o tráfego é mais intenso. A rota utilizada por estes veículos será denominada de Rota 01 e está demonstrada na Figura 17.

Figura 17 - Rota utilizada a partir da entrada da cidade, Rota 01

Com a rota traçada, as interseções foram determinadas e os dados necessários para a construção do gabarito foram coletados em campo.

A segunda rota estudada tem sua origem na Rua Luiz Martins Rodrigues, 460, São Carlos, representada na Figura 18. Essa rota tem apenas uma interseção diferente da rota anterior, por este motivo apenas uma interseção será analisada.

Figura 18 - Segunda rota

A terceira e última rota é a utilizada pelos veículos procedentes do depósito do supermercado pesquisado, presente no endereço Alameda dos Heliótipos, 60; representada na Figura 19.

Figura 19 - Rota a partir do depósito central do supermercado, Rota 03

A análise para as restrições foi feita combinando os gabaritos dos veículos com os das interseções, como descrito no item 0 (

Geometria da Via). O resultado desta combinação está representado na Tabela 6.

Tabela 6 - Lista de resultados quanto à restrição geométrica das interseções

Interseção		Tipos de Veículos			
		U2	U3	2Sn	3SnSn
Rota01	1	Permitido	Permitido	Restrito	Restrito
	2	Permitido	Restrito*	Permitido	Permitido
	3	Permitido	Restrito*	Restrito	Restrito*
Rota02	1	Permitido	Restrito*	Restrito*	Restrito*
Rota03	1	Permitido	Restrito*	Restrito*	Restrito*
	2	Permitido	Restrito*	Restrito*	Restrito*
	3	Permitido	Restrito*	Restrito*	Restrito*
	4	Permitido	Restrito*	Restrito	Permitido
	5	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido
	6	Permitido	Restrito*	Restrito	Restrito*

*Faz a conversão, porém invade faixas adjacentes

A partir dos resultados da Tabela 6, o TransCAD foi utilizado para verificar as rotas alternativas quando tais interseções eram restritas. O procedimento usado está descrito no item 3.4.2 e apresentado nas figuras a seguir, para o caso do veículo U3.

Figura 20 - Caminho alternativo para Rota 01

Figura 21 - Caminho alternativo para Rota 02

Figura 22 - Caminho alternativo para Rota 03

As interseções utilizadas nos caminhos alternativos foram comparadas com os gabaritos dos veículos e demonstraram incompatibilidade geométrica para todas as rotas. Esta análise mostrou uma dificuldade considerável em se encontrar uma rota entre as origens e o destino, na qual o veículo U3 circule sem desrespeitar os limites da via.

A segunda parte do diagnóstico trata da capacidade, para isto cada um dos momentos mencionados no item 3.2.1.2 (Capacidade da Via) foram analisados separadamente.

Para o estudo do primeiro momento recomenda-se o uso do HCM, porém a obtenção dos índices necessários tornou-se inviável devido aos meios disponíveis. A forma encontrada foi a substituição dos veículos comerciais por um número “n” de automóveis. A idéia é a de que dependendo de diversos fatores, um caminhão tem o mesmo efeito, em termos de impacto na via, do que um determinado número de automóveis. O programa computacional *Integration* serviu como auxílio à verificação dos impactos causados na rede, antes e depois da colocação destes veículos. Os dados de tempo total de atraso e tempo parado, na rede, obtidos com o uso do *software Integration*, foram utilizados para as comparações entre os tipos de veículos, pois representa a perda de tempo existente. Os resultados demonstraram uma diferença muito pequena entre as rodadas, devida principalmente, à pequena representatividade que estes veículos acrescidos representam na rede.

O mesmo *software* e índice foram utilizados para o estudo dos dois outros momentos, relacionados principalmente com o pólo gerador de tráfego. No caso do segundo momento, os dados necessários são: o local a se efetuar a parada e o tempo necessário para se executar a manobra de estacionamento. O tempo necessário tem grande dependência do tipo de veículo avaliado e das características da vaga, bem como do fluxo de veículos ao redor da vaga. Por essas razões, uma grande variabilidade nos tempos necessários para a manobra foi encontrada, desde quinze segundos até um minuto.

A simulação do segundo momento se baseou na parada de um veículo em um ponto específico da faixa de rolamento. Durante esse tempo, alguns veículos permaneceram atrás do veículo em manobra, enquanto que outros mudaram de faixa, assim como ocorre normalmente. Este efeito está demonstrado na Figura 23, obtida do programa computacional *Integration*.

Figura 23 - Simulação do efeito do segundo momento no tráfego local

Para identificar as diferenças de tempo de atraso para cada tipo de veículo que realiza a manobra de estacionamento, vários cenários foram criados.

No primeiro cenário nenhum veículo estaciona, e foi usado para comparação com outros cenários. O segundo cenário foi criado colocando todos os veículos observados durante a pesquisa. O tempo considerado necessário para a manobra foi de sessenta segundos para os veículos U3 e trinta segundos para os U2, devido à complexidade de manobra oriunda das dimensões de cada veículo. Outros três cenários foram gerados, sendo um para cada tipo de veículo.

Os resultados obtidos pelo programa *Integration* demonstraram uma variação no tempo total de atraso e tempo parado da rede comparável ao ocorrido quando veículos de passeio estacionam. Por esse motivo, a restrição de um determinado tipo de veículo, devido ao seu segundo momento, não foi constatada por meio de simulação utilizando o *software* proposto.

A simulação realizada para o estudo dos efeitos causados pelo terceiro momento utiliza um veículo com dimensões suficientes para ultrapassar os limites da faixa de estacionamento. A escolha desse veículo se deve ao fato da presença em grande quantidade na pesquisa de campo de caminhões com tais características, como demonstrado na Tabela 7, onde, dos vinte veículos que descarregaram no supermercado, onze eram U3; com largura superior a 2,50 metros, chegando a 3,0 metros (contando os retrovisores).

Além desse fato, foi notado um distanciamento entre a roda do veículo e o meio fio, superior aos trinta centímetros aceitáveis por lei, devido a problemas relacionados à altura. Portanto, a largura utilizada pelos veículos U3 ultrapassava o disponibilizado aos veículos estacionados, muitas vezes passando o limite em mais de um metro.

Tabela 7 - Tempo gasto para a descarga e espera, por tipo de veículo

Tipo de veículo	Tempo gasto para a descarga (min)	Tempo extra	Tempo total
U3	85	0	85
U2	20	15	35
U3	60	15	75
U3	85	10	95
U2	45	15	60
U3	60	15	75
U3	20	15	35
U3	75	10	85
U2	10	10	20
U3	60	10	70
U2	50	10	60
U3	150	20	170
U3	15	5	20
U2	15	5	20
U3	10	5	15
U2	30	5	35
U2	15	15	30
U2	5	5	10
U3	30	10	40
U2	20	25	45
Total	860	220	1080

Outro fator relevante no estudo do impacto durante o terceiro momento está relacionado ao tempo gasto para a descarga. Por esse motivo foi feito um cálculo procurando encontrar quais seriam os maiores e menores tempos de obstrução.

O tempo total utilizado pelos veículos para a descarga foi de 860 minutos, como demonstrado na Tabela 7, sem contar a espera. Caso o tempo de espera seja contado como tempo em que os veículos ocuparam a vaga, o tempo total sobe para 1080 minutos. Este último valor será o utilizado, pois o tempo de espera foi muitas vezes o necessário para se

liberar equipamentos de descarga ou para conferir as notas e recibos, e considerado pelos profissionais da área um tempo normal para se efetuar a descarga.

Como mostrado na Tabela 7, dos 1080 minutos, 765 pertenceram aos veículos tipo U3. Considerando que dos veículos observados apenas o U3 causa problemas no fluxo da via quando estacionado, devido às suas dimensões, pode-se dizer que, caso não existisse nenhum veículo estacionado, nenhuma interferência seria causada. Os 765 minutos de interferência ocorrem se os veículos forem descarregados um depois do outro, portanto, a capacidade de processamento (quantos veículos podem ser descarregados simultaneamente) do local utilizado pelo supermercado é um fator decisivo no tempo de interferência.

A forma utilizada para se encontrar esta capacidade de processamento foi analisando o local de descarregamento existente. As Figura 24 e Figura 25 apresentam as dimensões e localização do ponto de carga e descarga.

Figura 24 - Dimensões do local usado para descarregamento

Figura 25 - Localização do supermercado e da faixa de descarregamento

O espaço existente da faixa de carga e descarga permite o processamento de três veículos simultaneamente, sendo esta a única forma utilizada pelo supermercado para o descarregamento. Com o tempo total utilizado por cada categoria de veículo e a capacidade de processamento do local, foram criados cenários com o objetivo de detectar quais seriam os maiores e menores valores de tempo de interferência na via.

Com todos os veículos U3 descarregando, o tempo de interferência seria de 765 minutos dividido pela capacidade de processamento, resultando em 255 minutos ou 4 horas e 15 minutos de bloqueio parcial de uma das faixas de rolamento. Este é o cenário de menor interferência, pois, o cenário crítico é aquele em que sempre há um veículo do tipo U3 em uma das vagas descarregando. Nesse cenário, o tempo de bloqueio é de 360 minutos ou seis horas.

Para estimar os valores do tempo de interferência, foram consideradas apenas as dimensões dos veículos, sem considerar a questão do uso de parte da via pelos profissionais ,durante o descarregamento. Caso essa consideração fosse feita, qualquer veículo de carga estaria sujeito a provocar o bloqueio parcial da via e afetar a capacidade de processamento.

Para a avaliação do terceiro momento um veículo foi colocado parado em uma das duas faixas da via, simbolizando assim o bloqueio causado pela invasão. O tempo utilizado foi o crítico, calculado anteriormente.

Porém, durante as simulações uma quantidade de veículos permaneceu atrás do veículo estacionado, aumentando cada vez mais a fila, criando uma situação de congestionamento irreal, representada na Figura 26.

Figura 26 – Efeito irreal causado pelo terceiro momento

Uma das suposições para o problema encontrado durante a simulação está no fato do *software* tratar o estacionamento (carga e descarga) com as mesmas características de uma parada, porém longa. Mas as interferências no fluxo da via são diferentes para parada e estacionamento. Os veículos ao redor de um veículo em manobra reagem de uma forma diferente daqueles que estão estacionados. Esse fato é percebido nas vias urbanas, onde os motoristas tendem a esperar um determinado tempo para que o veículo à frente realize a manobra, para depois prosseguir. Porém, no caso de veículos estacionados, onde uma parte da faixa de rolamento está obstruída, é normal que os veículos em movimento passem pelo obstáculo invadindo a faixa adjacente, ou que aguardem durante um pequeno intervalo de tempo atrás do veículo estacionado para em seguida ultrapassá-lo.

Com o objetivo de contornar esse problema e obter índices comparativos no terceiro momento, foi feita a consideração de que nos casos de uso de parte da faixa de rolamento, ela deixa de ser considerada como uma possibilidade de tráfego aos veículos. Desta forma,

para a simulação, uma das faixas de circulação é retirada, representando a interferência do veículo estacionado, que ultrapassa os limites da faixa de estacionamento. A representação do resultado da simulação está apresentada na Figura 27.

Figura 27 - Resultado da simulação do terceiro momento após considerações

O resultado do tempo de atraso para o terceiro momento, utilizando o tempo de interferência crítico foi de 5% acima do simulado para o primeiro momento, com os veículos de carga carregados na rede. Esse valor pode ser ainda maior, pois devido à mudança na simulação retirando uma das faixas, alguns fatores que ocorrem na realidade deixam de ser considerados, como o distúrbio que ocorre durante o rearranjo dos veículos que passam por uma interrupção na via.

Os resultados obtidos demonstram que os veículos com dimensões iguais ou superiores ao do tipo U3 não deveriam circular pela rota utilizada atualmente. Devido às características das interseções existentes nas proximidades do supermercado estudado, serem próximas às das interseções responsáveis pela proibição de circulação desse tipo de veículo, nenhuma rota alternativa existente atualmente seria capaz de permitir a circulação desses veículos até o supermercado estudado. Portanto, considerando apenas a análise geométrica das vias,

somente os veículos tipo U2 têm capacidade de circular. Sendo necessária a escolha de outras rotas, de outros tipos de veículo ou ações tomadas em conjunto com o órgão responsável pelo tráfego do município.

Em relação aos horários utilizados para a circulação, a análise deve ser feita separada por momento, uma vez que cada um age com um grau e forma diferente de interferência no fluxo da via.

O problema causado pelos veículos durante a manobra para estacionar foi superior ao destes durante a movimentação pelas vias da cidade, porém não se constatou quais dos veículos interferem mais. Dependendo do volume de tráfego, do tempo e da obstrução causada na via esta interferência é maior ou menor, porém são comparáveis às perturbações geradas pelos veículos de passeio realizando a mesma ação de estacionamento. A grande diferença existe quando o veículo de carga necessita de um tempo e espaço na via de circulação muito superior para a manobra de estacionamento. Esse problema se deve às características do local de carga e descarga, pois deveriam ser dimensionados para o tipo de veículo a ser atendido.

Em relação à interferência causada pela descarga no fluxo da via, constatou-se que, devido às dimensões dos veículos tipo U3 a faixa de rolamento sofreu estreitamento na largura disponível à circulação. Mesmo os veículos, que devido à largura, não invadem a faixa de rolamento, dependendo da forma utilizada para a descarga da mercadoria, interferiram no fluxo da via. Isso ocorreu nos casos onde os operadores utilizaram as laterais do veículo para executar a descarga, colocando as próprias vidas em risco.

A diferença do problema existente no momento três, em relação aos outros dois momentos é a duração da interferência no fluxo. A carga e descarga demandaram várias vezes durante o período da pesquisa, um tempo superior a trinta minutos, e um tempo total superior a seis horas. Os veículos com largura igual ou superior aos do tipo U3 não deveriam ser permitidos a descarregar nos horários de maior demanda, por se tratar de uma via importante para circulação e estar em uma região comercial e residencial, onde os impactos são mais sentidos.

Outro fator importante é a largura da via, e a regulamentação do local, pois, ela conta com oito metros de largura, sendo duas faixas de rolamento e uma à direita para a descarga, porém na faixa mais à esquerda a sinalização indica proibição para o estacionamento e permissão à parada. Sendo possível flagrar momentos em que a faixa tem à esquerda um veículo parado, e à direita um veículo pesado descarregando e entre eles uma faixa obstruída parcialmente pelo veículo de carga, tornando impossível a passagem de ônibus ou qualquer outro veículo mais largo. Os veículos, mesmo com dimensões inferiores às dos U3, porém que utilizam da faixa de rolamento para realizarem a descarga deveriam ser proibidos da mesma forma, pois obstruem a faixa de rolamento.

Dentre os três momentos, o terceiro foi considerado o mais prejudicial, seguido do segundo. Porém, com o aumento do volume de tráfego nas vias onde o tráfego de veículos pesados é intenso o momento um também é um problema.

4.4. Análise de Alternativas

O objetivo neste item é analisar algumas soluções para os problemas diagnosticados nos três momentos estudados. do exemplo.

Taniguchi *et al.* (2001), citam cinco iniciativas para a solução da logística urbana, são elas: ITS (*Intelligent Transport Systems*); cooperativas; terminais logísticos; fator de ociosidade do carregamento e sistema subterrâneo. A ordem e o uso de todas as iniciativas não são obrigatórios, dependendo do problema enfrentado. Os custos relacionados a cada iniciativa crescem, normalmente, de acordo com ordem apresentada, sendo o ITS o de menor custo e o sistema subterrâneo o de maior custo.

Inicialmente, soluções individuais para cada momento foram descritas. Soluções estas derivadas das três iniciativas, ITS, uso de cooperativas e terminais logísticos, devido à escala do estudo de caso. Posteriormente, uma análise conjunta das soluções foi feita, levando em consideração as necessidades da rede e do pólo gerador. A partir daí uma lista de possíveis alternativas foi gerada, contendo os pontos positivos e negativos de cada uma.

4.4.1. Soluções para cada momento da circulação de carga

Primeiro momento - Movimentação

No primeiro momento da circulação de carga, o problema diagnosticado está relacionado às características geométricas dos veículos.

O agravamento dos congestionamentos está também relacionado a essa fase, porém, como o volume de veículos pesados circulando nas vias estudadas é bem inferior aos outros tipos de veículos, esta análise não foi considerada.

As propostas para o problema encontrado são: a restrição ao tráfego de veículos considerados inapropriados e a alteração da geometria das vias. Essas soluções podem ser utilizadas separadamente, de acordo com o objetivo do administrador. Outra solução é o uso de janelas de tempo para a circulação destes veículos com restrição à circulação.

Segundo e Terceiro momento – Manobra de estacionamento e carga e descarga

Os momentos dois e três têm propostas similares para o caso estudado. Elas têm como objetivo melhorar ou neutralizar fatores que intensificam a obstrução da via. Estes fatores são: o tempo de obstrução, largura obstruída da faixa de rolamento e o volume de tráfego no momento da descarga.

As propostas para o momento dois e três são: a restrição à descarga feita por veículos considerados inapropriados; alteração geométrica do local de carga e descarga, mudança na política de abastecimento da empresa estudada e restrição à carga e descarga por horário. O Diagrama 4 sintetiza as soluções para cada momento.

Diagrama 4 - Soluções propostas para os momentos da circulação da carga

Restrição à circulação de determinados tipos de veículos nas vias

A primeira proposta a ser testada é a restrição ao tráfego de determinados tipos de veículos. Para isso foram utilizados os métodos de avaliação propostos no item 0

Geometria da Via.

Alteração na geometria das vias

Dependendo do objetivo de uma via, ela deve comportar ou não o fluxo de veículos de grande porte. Por isso, a via deve ser projetada de acordo com o veículo que irá trafegar por ela atendendo às necessidades desses veículos.

Caso seja objetivo da prefeitura a circulação dos veículos restritos nas vias pesquisadas, obras de readequação geométrica serão necessárias. O contrário também é válido, pois é possível criar restrições à circulação de determinados veículos, remodelando interseções e construindo barreiras físicas. Qualquer uma das duas propostas deve ser utilizada, visando assim manter a compatibilidade do veículo com a via, permitindo com isto um maior fluxo e segurança viária.

Essa proposta deve ser usada independentemente dos resultados obtidos, sendo como inibidor ou incentivador da circulação de determinados tipos de veículos.

Restrição à circulação por tipo de veículo e por horário

A Prefeitura da Cidade de São Paulo é um exemplo de uso dessa solução através da lei de Zonas de Máxima Restrição ao Tráfego. Nessas zonas, certos tipos de veículo não podem trafegar em determinados horários.

A restrição à circulação por horário se aplica quando interferências são sentidas no tráfego devido a determinados tipos de veículos e agravadas pelo volume de tráfego. Essa interferência pode ser mensurada através de programas computacionais que se baseiam em formulações de manuais existentes. O aumento no tráfego potencializa essas interferências, pois o desempenho dos veículos pesados é inferior ao desempenho dos automóveis, principalmente nas situações de congestionamento.

Outro fator relevante na opção pelo uso da restrição por horário, ou normalmente conhecido como janela de tempo, é a interferência gerada pelos veículos pesados durante a carga e descarga.

Restrição à carga e descarga de determinados tipos de veículos

A restrição a veículos devido ao segundo momento foi considerada no item 4.3 (**Elaboração de um Diagnóstico**) inexpressiva e por este motivo não foi considerada como fator de análise para proposta.

A análise feita para descobrir quais veículos são restritos, quanto ao terceiro momento, foi baseada na comparação da largura dos veículos e da faixa de carga e descarga. Nessa análise, os veículos do tipo U3 ultrapassam a largura disponível na faixa de carga e descarga, tornando assim inapropriados para o momento três da movimentação. O mesmo fato ocorre quando, um veículo apresentando largura condizente com a da faixa de estacionamento, retira e posiciona a carga do veículo pelo lado da faixa de rolamento. Esse ato ocupa parte da via, assim como os veículos com largura superior à da faixa de estacionamento, e leva o perigo aos funcionários que estão descarregando o veículo.

Alteração da geometria do local de descarregamento

Se o local de descarga fosse criado de acordo com o tipo de veículo e mercadoria a ser descarregado, os impactos gerados no terceiro momento poderiam ser solucionados ou ao menos reduzidos.

As alterações devem ocorrer na geometria dos locais exclusivos para a descarga, de forma que o veículo estacionado não ocupe a faixa de rolamento, que permita o uso de equipamentos modernos de carga e descarga e para que a segurança e comodidade dos pedestres e funcionários sejam mantidas.

Atualmente existem aparelhos disponíveis no mercado que permitem um descarregamento muito mais ágil e seguro. Porém, raramente uma rua ou calçada provém a infra-estrutura necessária para o uso desses recursos.

Alteração da política de abastecimento

Entende-se por alteração da política de abastecimento, o uso de algumas iniciativas que visam um abastecimento mais coerente com as necessidades da sociedade e não apenas com o da empresa. São várias as alternativas propostas por Taniguchi *et al*, (2001). Os problemas diagnosticados no item 4.3 nortearam a escolha das iniciativas.

O uso de terminais de carga em conjunto com o de cooperativas e ITS foram as iniciativas escolhidas.

Os terminais de carga têm a função de combinar carregamentos que têm origens diferentes, porém destinos semelhantes. Com os terminais, produtos de diferentes empresas, com diferentes características, porém sem restrições entre elas, são transportados em um mesmo carregamento. Os terminais podem ser utilizados como depósito ou apenas como ponto de triagem, onde uma mercadoria sai de um veículo, normalmente de maior porte, e passa para outros veículos liberados para circular no interior da cidade.

Com o uso de cooperativas, as empresas de transporte urbano de carga repartem a cidade em regiões, podendo ser devido ao volume total de entrega, tipo de mercadoria, etc. Com esta iniciativa uma determinada empresa de transporte carrega produtos variados para uma pequena região, ao contrário do que se vê hoje, onde a empresa transporta um único produto para uma grande região.

O ITS representa o uso de equipamentos e programas computacionais que auxiliam na escolha e monitoramento de rotas, carregamentos e veículos.

Com o uso de cooperativas, ITS e terminais logísticos é possível que um veículo carregue em um depósito e visite poucas empresas próximas, retornando logo depois para um novo carregamento.

A idéia principal do uso dos terminais em conjunto com cooperativas e ITS, está demonstrada na Figura 28, a qual representa um problema com seis fornecedores de produtos diferentes, sendo que quatro comercializam produtos que podem ser transportados em um mesmo carregamento, e os outros dois com necessidades de serem transportados separadamente, todos atendendo cinco clientes em comum. O número de viagens com e sem sistema de cooperativa e terminais é diferente. O número de viagens quando não se utiliza sistemas de cooperativa é igual a trinta, sem contar a volta, enquanto que no caso de cooperativas com terminal logístico o número é igual a dezenove viagens.

Figura 28 - Representação de entregas com e sem terminal e cooperativa

A volta é desconsiderada dos cálculos devido à grande possibilidade de combinações, sendo, portanto consideradas neste exemplo, como forma de comparação apenas as viagens de ida.

Caso não existissem os dois fornecedores que necessitam de transporte especial, a quantidade de viagens para o primeiro caso continuaria trinta, porém no caso de uso de cooperativas e terminal logístico o número cairia para onze.

A função do terminal logístico é o de descompactação, triagem e posterior acomodação nos veículos. Enquanto que a cooperativa se responsabiliza pela distribuição dos produtos de acordo com uma região específica, reduzindo o comprimento das viagens e a ociosidade dos veículos.

A idéia do estudo abaixo foi a de recriar uma situação em que o supermercado utilizasse totalmente o sistema de distribuição por terminais logísticos e cooperativas. Para isso foram feitos cálculos simples utilizando o programa computacional Excel da Microsoft, explicados a seguir.

Os dados coletados para a caracterização do pólo gerador de tráfego foram separados em grupos de produtos com possibilidades de serem transportados em um mesmo carregamento. Para isso, o fator principal na escolha de qual grupo cada produto pertence, foi o de tipo de restrição, dado coletado durante a pesquisa.

O volume descarregado pelos vinte veículos no supermercado, durante a pesquisa, foi de 40,78 m³ e de 18.845 kg. Esse total foi separado em cinco grupos de acordo com as necessidades específicas de cada produto. A Tabela 8 mostra os cinco grupos criados.

Tabela 8 - Os cinco grupos de carregamento

Grupo sem restrições severas (3/4/7/8)		Volume Descarregado (m ³)	Carga Descarregada (kg)	Veículo Utilizado
	26,49 m ³	10,65	4327	U3
	7194,5 kg	1,69	1140	U3
		2,82	739	U2
		0,45	100	U3
		1,52	372	U3
		1,43	216	U3
		0,43	280	U2
		0,61	246	U2
		0,13	50	U2
		0,66	400	U2
		1,12	540	U3
Grupo com restrição quanto à temperatura 01		Volume Descarregado (m ³)	Carga Descarregada (kg)	Veículo Utilizado
	16,64 m ³	0,81	530	U2
	8062 kg	4,32	3130	U3
		10,8	4800	U3
		0,71	750	U2
Grupo com restrição quanto à temperatura 02		Volume Descarregado (m ³)	Carga Descarregada (kg)	Veículo Utilizado
	0,16 m ³	0,09	115	U2
	206 kg	0,07	91	U2
Grupo com restrição quanto à temperatura 03		Volume Descarregado (m ³)	Carga Descarregada (kg)	Veículo Utilizado
	2,16 m ³	0,5	100	U3
	15 kg			
Grupo com restrições severas (1)		Volume Descarregado (m ³)	Carga Descarregada (kg)	Veículo Utilizado
	1,97 m ³	0,8	345	U3
	52 kg	1,17	574	U2

Comparando as necessidades de transporte de cada grupo e as características dos veículos existentes, soluções foram apresentadas. Tais soluções levaram em consideração a

capacidade de transporte de cada veículo quanto ao volume e ao peso, além das dimensões dos produtos transportados. Porém, este último item não apresentou restrição quanto ao tipo de veículo, neste caso, pois as dimensões individuais das embalagens coletadas não ultrapassaram a de nenhum dos veículos testados.

As características dos veículos são: U2 com capacidade de 14,4 m³ e 2.000 kg, e U3 com capacidade de 79,3 m³ e 16.000 kg. As propostas quanto ao tipo e número de veículos estão apresentadas na Tabela 9.

	Proposta 01	Proposta 02	Proposta 03	
	Somente U3	Somente U2	U3	U2
Nº de Caminhões	5	11	2	3
Minutos para Descarga	450	495	180	135
Minutos para Descarga Total:	450	495	315	

Tabela 9 - Soluções propostas

A proposta 01 estima o tempo de descarga necessário e o número de caminhões se for utilizado apenas veículos do tipo U3. A proposta 02 realiza o mesmo tipo de análise, porém com o veículo do tipo U2. Na proposta 03 o objetivo foi o menor uso possível de veículos, podendo ou não haver combinações. Para todos os cenários o tempo necessário para a descarga do veículo tipo U3 foi de 90 minutos e para o U2 de 45 minutos. Esses valores foram obtidos através das respostas dadas pelos operadores dos veículos, quando questionado sobre o tempo médio de descarregamento completo do veículo utilizado. Estes tempos seriam menores se sistemas de descarga mais eficientes fossem utilizados.

A Tabela 10 traz a comparação dos mesmos dados, porém com o número de veículos contado em campo. Comparando as duas tabelas, nota-se a diferença entre o total de veículos utilizados e principalmente quanto ao tempo de descarga total.

	Contado na coleta em campo	
	U3	U2
Nº de Caminhões	11	9
Minutos para Descarga	990	405
Minutos para Descarga Total:	1395	

Tabela 10 – Tempo de descarga completa para os veículos contados em campo

Outra análise é feita quanto ao tempo total de interferência na via. Para isto leva-se em conta o fato de existirem três baias para descarregamento e que os veículos U2 não geram interferência, pois suas dimensões não ultrapassam as da faixa de estacionamento. Essa análise está apresentada na Tabela 11.

	Proposta 01 Somente U3	Proposta 02 Somente U2	Proposta 03 U3 U2
Tempo de interferência (min)	150 ¹	0	60

	Contado na coleta em campo U3 U2
Tempo de interferência (min)	330

Tabela 11 - Tempo de interferência

O resultado de cada proposta é:

Restrição à circulação por tipo de veículo:

- Os problemas com a geometria para o primeiro momento acabam.
- O número de veículos de carga aumenta.
- Os benefícios para o tráfego vão depender da diferença do quanto os veículos proibidos de circular interferiam no fluxo, em relação à interferência que os veículos substitutos irão gerar.

Restrição à circulação por horário:

- Os problemas com a geometria se mantêm.
- O número de veículos de carga se mantêm.
- Os benefícios para o tráfego são percebidos nos horários de restrição, nas vias onde existe grande tráfego de veículos de carga e nas vias onde ocorre a carga e descarga.

¹ Tempo de Interferência = Tempo total de descarga dividido pela capacidade de processamento: 450(min)/3

Mudança na política de abastecimento:

- Dependendo dos tipos de veículos utilizados os problemas com a geometria são eliminados.
- O número de veículos reduz de acordo com os tipos de veículos e rotas escolhidos.
- O benefício para o tráfego dependerá dos tipos de veículos e ações tomadas, porém devido à redução do número de veículos necessários para o abastecimento, as interferências no tráfego serão menores.

4.4.2. Análise conjunta das soluções

Qualquer que seja a solução apresentada, esta deve ser analisada levando em consideração as necessidades tanto da rede quanto do pólo gerador de viagens. As propostas para a melhoria da movimentação da carga na rede, em cada etapa, foram apresentadas, agora a intenção é interagir tais propostas com as necessidades do pólo gerador de viagens. O Diagrama 5 sintetiza as necessidades da rede e do pólo gerador de viagens

Diagrama 5 - Esquema para análise de alternativa

A principal necessidade do pólo gerador de viagens é o abastecimento, na quantidade e no momento certo, com os custos reduzidos e a qualidade necessária. Por esses motivos, quando a alternativa para o problema for a restrição a qualquer tipo de veículo, deve-se prever a mudança na quantidade necessária de veículos de carga para suprir o abastecimento. Atualmente, devido a questões econômicas e de estratégia o uso do *Just-in-time* vem crescendo como política de abastecimento das empresas. Porém, essa iniciativa tem como prioridade entregar a mercadoria em um determinado horário ou prazo, normalmente curtos, forçando o uso de um número superior de veículos e, conseqüentemente, uma maior ociosidade em relação à capacidade de carga.

Graças à agregação de produtos semelhantes em um mesmo carregamento, a utilização de terminais logísticos, cooperativas e sistemas de informação, demonstraram uma redução na quantidade de veículos necessários para abastecer um supermercado do porte do estudado. Essa redução influencia no número de veículos circulando dentro da cidade, devido ao melhor aproveitamento da capacidade de carga.

Os ganhos oriundos desta agregação de produtos não são relevantes apenas no primeiro momento da movimentação de carga, mas também para o terceiro, pois o uso de um número menor de veículos reduz o tempo total gasto para a descarga, e conseqüentemente, o tempo de obstrução da via, mesmo utilizando os veículos do tipo U3.

Ganho de eficiência no descarregamento é outra forma de reduzir o tempo de obstrução da via. Normalmente os carregamentos são fracionados, ou seja, compostos por várias embalagens de pequeno ou médio porte, que são descarregadas em pequenos grupos e utilizam normalmente poucos equipamentos. A unitização é a prática de reunir várias embalagens e torná-las um único grupo. O palete e a gaiola são exemplos de equipamentos utilizados para comportar e auxiliar no transporte destas cargas unitizadas. Esses equipamentos, porém, necessitam de outros equipamentos para a descarga, podendo ser as transpaleteiras manuais ou mecânicas.

Atualmente vários equipamentos podem ser acoplados ao veículo para tornar a operação do descarregamento mais eficaz, principalmente nos veículos do tipo U3. Por esse motivo é aconselhável que se for utilizado esse tipo de veículo, ele seja equipado com pranchas para o descarregamento com transpaleteiras.

Os veículos do tipo U3 demonstraram, portanto, uma incompatibilidade geométrica com as vias existentes na rota e região do supermercado estudado. Porém, a capacidade desses veículos de transportar mercadorias possibilita uma redução ainda maior dos números de veículos de carga circulando nos centros urbanos.

As características do local de carga e descarga devem atentar para uma maior eficiência na carga e descarga sem que comprometa o desempenho do tráfego e sem esquecer a segurança e circulação dos pedestres. Por esse motivo, o local deveria ser preparado de acordo com o tipo de veículo e forma de descarregamento a ser utilizado.

O uso de ITS, terminais logísticos e cooperativas permitem o uso mais racional dos veículos, como demonstrado no estudo, são necessários onze veículos do tipo U2 ao invés dos vinte utilizados para o abastecimento. Nessa situação não ocorre perturbação no tráfego no terceiro momento, pois as dimensões do veículo U2 são compatíveis com as da faixa de estacionamento, nem problemas com a geometria da via durante a circulação nas vias urbanas. Porém o uso do veículo U3 combinado com o U2 reduziria o número de veículos circulando, pois ao invés de onze U2 seriam utilizados apenas dois, e mais três U3. Pensando em apenas um ponto comercial, talvez essa opção não represente muito, porém quando se imagina o volume de mercadoria necessária para abastecer uma cidade, talvez essa seja uma opção interessante.

O problema dessa opção está no fato da restrição à circulação desses veículos nas vias urbanas, devido à sua geometria. Para isto, faz-se necessário o uso de uma ou das duas opções dadas anteriormente, sendo elas, a modificação geométrica da via e/ou a permissão de circulação em determinados horários. Outro agravante é a interferência causada no terceiro momento, quando as dimensões do veículo U3 ultrapassam a da faixa de carga e descarga. Para isto, a proposta é a adequação do local para que a largura oferecida seja compatível com as necessidades do veículo. Além de oferecer segurança para os usuários e operadores, tal readequação na infra-estrutura viária permite um descarregamento mais ágil e seguro. Algumas propostas de readequação estão demonstradas nas Figura 29 e Figura 30.

Figura 29 – Alargamento da faixa de carga e descarga e adaptação da calçada para o uso de equipamentos

Neste exemplo a faixa de carga e descarga é alargada de forma a atender as necessidades do veículo de carga. Um espaço extra na parte traseira do veículo é criado além de uma rampa na calçada para que os equipamentos de descarga possam ser utilizados sem comprometimento da segurança dos operadores. Os veículos trafegam na via sem qualquer interferência da descarga ou do veículo estacionado.

Figura 30 – Alargamento da faixa de carga e descarga e implantação de ilha para uso de equipamentos

A faixa de carga e descarga permanece larga, porém a área extra para a movimentação do equipamento de descarga passa a ficar no mesmo nível da calçada. Essa é uma forma de assegurar a área para o uso exclusivo da descarga.

Caso essa largura extra não seja possível de ser implantada por razões de espaço no local, a opção de carga e descarga com horário específico, fora dos horários de pico, pode ser uma opção interessante. A figura a seguir mostra as formas de obstrução da faixa de rolamento por conta da descarga.

Figura 31 - Representação das formas de obstrução em uma via no terceiro momento

5. CONCLUSÕES

Com o crescimento urbano, as vias passam a ter um aumento no tráfego de veículos, muitas vezes próximo à sua capacidade, o que gera transtornos de mobilidade para a população; aumento nos índices de poluição (sonora e do ar), no tempo de deslocamento, do número de acidentes. Os problemas causados pelos veículos de carga passam a ter uma interferência mais significativa no fluxo do trânsito.

A intensidade dos problemas originados pela interrupção do fluxo de uma via está diretamente relacionada ao volume de tráfego nela existente. Problemas que antes eram aceitos pela sociedade passam a ser questionados, devido ao aumento de suas proporções. A expansão urbana vem acompanhada da necessidade de maiores volumes de carga, o que, conseqüentemente, acarreta um maior número de veículos de carga.

Os órgãos públicos municipais buscam adequar a estrutura viária a esse aumento, mas, geralmente, não dispõem de ferramentas adequadas ao planejamento da movimentação dos veículos de carga. Algumas ações tomadas pelos órgãos públicos, com o intuito de reduzir os impactos desses veículos, acabam gerando grande aumento no valor do transporte ou não surtindo o efeito esperado.

Com o auxílio do método proposto neste trabalho, os administradores terão o apoio de uma ferramenta que permite o melhor conhecimento sobre os pontos de conflito existentes nas rotas dos veículos de carga e no ato da carga e descarga, além de algumas das necessidades de transporte dos pólos geradores de tráfego.

O método estudado propõe, inicialmente, construir uma rede digital e georeferenciada representativa da cidade. Para compreender a realidade da movimentação de carga nos centros urbanos deverão ser avaliadas as rotas, os veículos utilizados e a compatibilidade destes com as vias. Algumas vias urbanas serão restritas a determinados tipos de veículos. Aqueles que necessitarem de uma área para manobra superior à oferecida pela via, deverão ter sua circulação proibida no trecho problemático, ou limitada a horários em que a sua circulação é tecnicamente factível.

As indústrias e instalações comerciais instaladas na área urbana precisam ser constantemente reabastecidas. Informações como volume de carga, frequência e cuidados relacionados às mercadorias deverão ser obtidos junto a esses órgãos e farão parte do banco de dados da rede criada. Os planejadores de trânsito e transportes poderão, assim, oferecer a essas empresas soluções compatíveis com as suas necessidades de suprimento e distribuição de mercadorias levando em conta a demanda global dos pólos geradores de tráfego.

Um estudo em pequena escala utilizando o método proposto foi realizado. Os resultados obtidos demonstram que alguns veículos usados pelo ponto comercial pesquisado têm restrições quanto à sua circulação.

Algumas iniciativas para solucionar os problemas encontrados foram abordadas, dentre elas a restrição à circulação de determinados tipos de veículo e mudança na política de abastecimento da empresa estudada.

Como continuidade da pesquisa sugere-se a investigação dos custos associados às diferentes soluções existentes. Investigações sobre vias exclusivas para veículos de carga em meios urbanos, com a função de ligar as entradas das cidades às fábricas, depósitos e centros logísticos deverão ser realizadas para auxiliar os profissionais da área de planejamento urbano em seu processo de tomada de decisão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A Circulação de Cargas em São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br>>. Acesso em agosto de 2007.

Application of the VISEVA demand generation software to Berlin using publicly available behavioral data. Disponível em: <<http://www.vsp.tuberlin.de/publications/workingpapers/2006/15/15nov06-w-line-numbers.pdf>>. Acesso em agosto 2007.

AutoCAD - Computer Aided Design . Version 2008: AUTODESK, INC., 2007.

Best Urban Freight Solutions. Disponível em: < <http://www.bestusfs.net>>. Acesso em agosto de 2007.

BOERKAMPS, J.; BINSBERGEN, A. **GoodTrip - a new approach for modelling and evaluation of urban goods distribution.** Traffic and Road. Department of Technology and Society LTH. Urban Transport Systems. Lund, Suécia, 1999. Disponível em: <<http://www.tft.lth.se/kfbkonf/theme3.htm>>. Acesso em agosto de 2007.

CONTRAN (2007). Disponível em: < <http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em julho de 2008.

TransCAD – Transportation GIS Software. Version 4.8: CALIPER Corporation , 2007.

CRAINIC, T. G.; RICCIARDI, N.; STORCHI, G. **Advanced freight transportation systems for congested urban areas.** Transportation Research Part C: Emerging Technologies, v.12, n.2, p.119-137, 2004.

MOSCA - Decision support system for integrated door-to-door delivery: planning and control in logistic chains. Disponível em: <http://www.idsia.ch/mosca/> . Acesso em agosto de 2008.

Decreto de Carga Urbana do Município de São Paulo. Disponível em: <<http://portal.prefeitura.sp.gov.br/noticias/sec/transportes/2007/03/0065>>. Acesso em agosto de 2008.

DUTRA, N. G. S. **O Enfoque de “City Logistics” na Distribuição Urbana de Encomendas**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

Espaces Logistiques Urbains. Disponível em:

<http://www.tmv.transports.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=43>. Acesso em agosto de 2007.

FRETURB : un modèle de simulation. Disponível em:

<http://www.tmv.transports.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=54>. Acesso em agosto de 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Disponível em:

<<http://www.ibge.com.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em dezembro de 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/concla/revisao2007.php?l=6>. Acesso em fevereiro de 2008.

LASETER, T. M; SHAPIRO, R. D. (2003). **eShip-4U**. Harvard Business School, 9-603-076, Janeiro de 2003.

PALHARES, C. R. C. **Desenvolvimento de subcentros como forma de planejamento urbano**. Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano e de Transportes, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

Plate-forme de frêt de Fontvieille. Disponível em: <http://www.bestufs.net/cgi-bin/projectdb/project_db.pl?init=shwprodesc&id=68>. Acesso em julho de 2008.

Plano diretor de Londrina. Disponível em:

<http://www.londrina.pr.gov.br/ippul/plano_diretor/>. Acesso em fevereiro de 2008.

Prefeitura de São Paulo. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a_cidade/noticias/index.php?p=23545. Acesso em fevereiro de 2008.

Projeto de Ordenamento da Circulação de Veículos de Carga no Município de Vitória - ES.

Disponível em: <http://congresso.antp.org.br/14_congresso/306/html/306.html>. Acesso em agosto de 2007.

TANIGUCHI, E.; TADASHI, Y.; RON VAN, D. **City Logistics: Network Modelling and Intelligent Transport Systems**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001.

TOPCITY - GIS-based route optimizing system. Disponível em: <http://www.bestufs.net/cgi-bin/projectdb/project_db.pl?init=shwprodescr&id=99>. Acesso em agosto de 2008.

AutoTURN: Computer Aided Design. Version 4.0: TRANSOFT Solutions Inc., 2003.

Transports des Marchandises en Ville. Disponível em: <<http://www.transports-marchandises-en-ville.org>>. Acesso em agosto de 2007.

_____. Disponível em:

<http://www.tmv.transports.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=43>. Acesso em janeiro de 2007.

WIDMER, J. A. **A PROPOSAL OF AN INTERNATIONAL VEHICLE DESIGNATION STRUCTURE FOR CARGO COMBINATION VEHICLES**. In: Conference on Heavy Vehicle Transport Technology, of the International Forum of Road Transport Technology, X, 2008, Paris. CD-ROM.