APLICAÇÃO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS EM LOGÍSTICA URBANA

Monografia

Aluno: Rodrigo Barros Castro

Orientador: Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Jr

LALT – Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transporte

Departamento de Geotecnia e Transportes

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

SUMÁRIO

1. **RESUMO ……...…..……3**
2. **INTRODUÇÃO ……...…..……..3**
3. **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA …….……..……5**
4. **METODOLOGIA ……..……11**
5. **ATIVIDADES DESENVOLVIDAS ……..…….……..13**

5.1. Função de produção …….…….....13

5.2. Teste do modelo ……..……...……15

5.3. Novos cenários criados …….……17

6. **RESULTADOS ……..……17**
7. **CONCLUSÕES 22**
8. **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 23**

1. RESUMO

O uso do conceito "*Just in Time*" e o novo metabolismo urbano, abordado por Lima (2011), demonstram a necessidade de uma maior eficiência nos processos de entrega de mercadoria nos centros urbanos. Além disso, Correia et. al (2010) relata a existência de poucas políticas públicas para transporte de cargas, o que torna o desfio de melhorar a logística urbana de cargas ainda mais crítico.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a implantação de um ponto de apoio no centro de Campinas/SP, solução proveniente de uma pesquisa que visa melhorar a logística da entrega de bebidas na região. Assim, dados da operação foram levantados e aplicados à uma função de produção para testar o modelo utilizado, e 4 distintos cenários foram avaliados: distribuição com motos em turnos regulares; distribuição com motos em turnos regulares e em entregas noturnas; distribuição com motos em 2 turnos e; distribuição com veículos pequenos de maior capacidade.

Os resultados da pesquisa permitiram identificar a quantidade de recursos necessária para a operação de cada um dos cenários criados. Um futuro estudo é recomendado, para que se possa avaliar a relação benefício custo de cada opção. Ainda foi possível concluir que, com a implantação de um ponto de apoio vinculada à uma operação planejada para abastecer a região central da cidade, é possível diminuir o tráfego de caminhões neste local.

2. INTRODUÇÃO

O transporte urbano de mercadorias é afetado pelo congestionamento e inadequação da infraestrutura viária das cidades. Do outro lado a otimização de seus processos pode contribuir positivamente para o tráfego da cidade. Este trabalho visa estudar a efetividade da implantação de um ponto de apoio na região central de Campinas/SP, através da modelagem e simulação de eventos discretos. Quatro modelos de distribuição na zona central, após o descarregamento dos caminhões no ponto de apoio, serão analisados: entregas com transporte de veículos pequenos, entregas com motos, entregas com 2 turnos e entregas noturnas.

Em um estudo de caso, estabelecimentos comerciais que trabalham com bebidas foram localizados, de forma analisar a logística da entrega de bebidas no centro de Campinas/SP. Uma pesquisa de campo foi realizada, com a finalidade de avaliar as necessidades de melhoria da operação. A Figura 1 ilustra os pontos visitados. Nesta etapa, um questionário foi aplicado de forma a caracterizar os estabelecimentos e suas operações de recebimento de bebidas. Entender a estrutura operacional do processo de carga e descarga foi de suma importância.

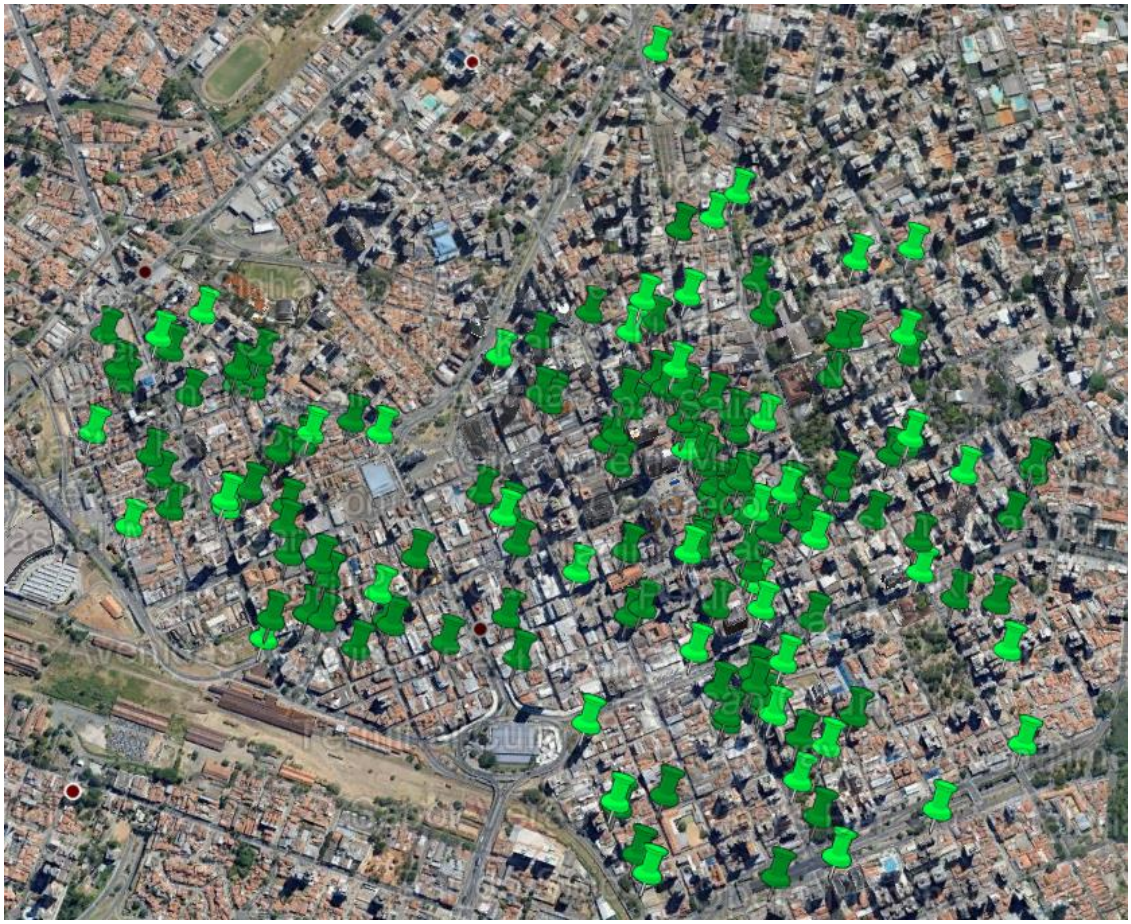

Figura 1 – Imagem dos estabelecimentos obtida pelo Google Earth

A Figura 2 representa os principais resultados obtidos na pesquisa de campo. Evidenciou-se a falta de vagas para descarga de mercadorias, além de demonstrar uma concentração de entregas de bebidas por 2 fornecedores. Das oportunidades de melhoria identificadas, as mais citadas foram a falta de horário determinado, a baixa qualidade de atendimento dos entregadores e problemas comercias ou de entrega.

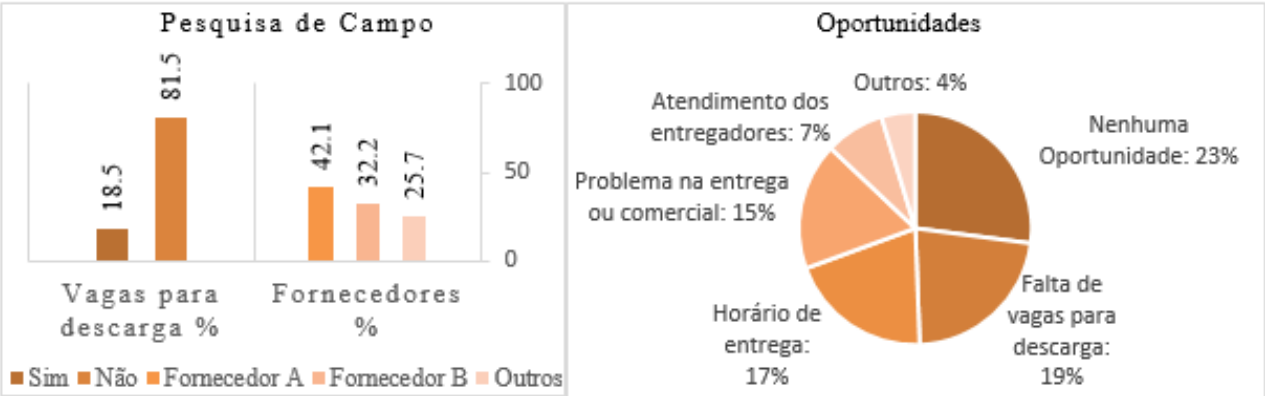

Figura 2: dados referentes à pesquisa de campo

Após a pesquisa de campo, reuniões focais foram realizadas de forma a identificar o que o usuário valoriza no processo de distribuição de bebidas, explorar suas principais necessidades e estimular ideias construtivas. Fornecedores de bebidas, representantes de estabelecimentos comerciais, duas empresas de tecnologia e a prefeitura de Campinas/SP estiveram presentes nas

reuniões desta etapa, em que os problemas enfrentados na operação e possíveis soluções foram discutidos.

As reuniões focais permitiram não somente uma melhor caracterização da entrega de bebidas, como também sugestões de inovações que devem ser estudadas para futura implantação. Pontos positivos apontados em relação à operação foram praticamente inexistentes. Observou-se um relacionamento deficiente dos estabelecimentos e entregadores com os agentes da prefeitura, expressos em reclamações sobre falta de tolerância dos mesmos. Confirmou-se a falta de padrão nas entregas, sem horário definido, e a falta de infraestrutura da região, com poucas vagas para descarga de mercadorias. O despreparo dos entregadores e de quem atende os estabelecimentos também foi citado. Possíveis soluções foram apontadas, decorrentes de casos de sucesso em outras cidades. Entre elas, a implementação de um ponto de apoio para descarga de caminhões, com posterior distribuição através de veículos menores.

O objetivo desta pesquisa é modelar e simular a implementação de um ponto de apoio. Ele será a base para a distribuição das bebidas nesta região e foi modelado com auxílio do software Promodel. Diferentes cenários foram simulados de forma a analisar os impactos do novo sistema.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O transporte de mercadorias em centros urbanos enfrenta grandes desafios. A maior dificuldade é aliar soluções de operações eficientes, de baixo custo, sem impactos ambientais e sociais. O novo metabolismo urbano, abordado por Lima (2011), tornou estes desafios ainda mais críticos. Nota-se um maior número de compras em menor escala, o que aumenta o número de entregas a serem realizadas e exige um melhor planejamento de transporte. O novo metabolismo não se restringe às compras, mas também aborda o crescente uso do conceito “Just in Time”, que reduz o armazenamento de produtos e obriga uma maior eficiência na entrega.

Dutra et. al (2006) citam o problema da última milha, causado pelo número de viagens extras até a consecução do objetivo de entrega das mercadorias. Essa dificuldade é evidenciada em centros urbanos pois, com o aumento de entregas discorrido por Lima (2011), a quantidade de remessas que não são realizadas com sucesso é maior. Assim, é essencial o melhor planejamento de entregas na área estudada, a fim de evitar tráfegos mais intensos.

Dois aspectos fundamentais enfrentados nas operações de transporte de carga são os congestionamentos e as deficiências de infraestrutura nos pontos de carga e descarga. A eficiência das operações é prejudicada por congestionamentos, pois muitas cidades possuem sistema viário inadequado. Ainda, segundo Correia et. al (2010), o tráfego de caminhões é visto como algo que deve ser estritamente regulado, sendo que a melhor solução seria organizá-lo de forma mais eficiente.

Dificuldades de acesso degradam a produtividade, já que os transportadores não conseguem cumprir prazos em função da inexistência de locais adequados para realizar as operações de carga e descarga. Dezi et al. (2010) retratam a importância da infraestrutura ao propor métodos para o adequado dimensionamento das zonas de carga e descarga, além de também citarem a importância de uma distribuição apropriada de vagas pela cidade.

Operações de carga e descarga também foram abordadas por Marra (1999). Os bairros com maiores índices de demanda por mercadorias possuem horários específicos para tais tarefas, o que dificulta a logística da cidade. Além disso, a maioria dos locais identificados pelo autor não apresentam áreas específicas para carga e descarga, o que reforça a necessidade de estudos que relacionem a infraestrutura local com os problemas operacionais.

Lima (2011) salienta que a produtividade do sistema de transporte de cargas em centros urbanos depende de esforços conjuntos. O setor público é responsável pela infraestrutura, regulamentação e gerenciamento, enquanto que o setor privado desenvolve veículos adequados, realiza o transporte dos produtos e a implantação de terminais de carga. O desafio é aliar o interesse de ambas as partes, criando as condições necessárias para uma operação eficiente.

Segundo Correia et al. (2010), nota-se pouca existência de políticas públicas em relação ao transporte de cargas nas grandes cidades, sendo que estas atuam, principalmente, nas regulamentações de estacionamento, restrições de acesso à via e janela de tempo para as operações de carga e descarga. Não existe uma metodologia voltada especificamente para o planejamento do transporte de cargas.

Ao se dispor de poucas políticas públicas e poucos estudos na área de distribuição de cargas em centros urbanos, o uso de soluções frugais, proposto por Lima (2011), se mostra essencial. O autor realiza uma análise de operações logísticas envolvendo cargas urbanas. O estudo permite um melhor entendimento sobre a nova tendência em relação aos complexos problemas encontrados no planejamento urbano. Através de quadros, com exemplos e contra exemplos, o autor demonstra como as soluções atuais aos problemas de logísticas urbana podem variar entre muito ou pouco eficientes.

Correia et. al (2010) menciona que não existem soluções prontas ou fórmulas de sucesso para os diversos problemas oriundos do transporte de cargas no ambiente urbano. Portanto, qualquer estratégia escolhida para a mitigação destes problemas deve ser desenvolvida de acordo com as características de cada região. Sobretudo, deve-se estabelecer uma consonância entre os objetivos conflitantes dos diversos atores que compõem o ambiente urbano e participam do processo de distribuição de carga, como os varejistas, o poder público, transportadores, entre outros.

Modelagem é o processo de produzir um modelo; um modelo é a representação da construção e funcionamento de um sistema de interesse. Este é similar, porém mais simples que o sistema que representa. Um dos propósitos de um modelo é permitir que o analista preveja o efeito de alterações no sistema. Deve ser uma boa aproximação da realidade e incorporar a maioria de suas características. Entretanto, não deve possuir uma complexidade que atrapalhe seu entendimento e possíveis experimentações. Um bom modelo contempla realismo e simplicidade (Maria, 1997). A Figura 3 apresenta os processos importantes em um estudo de modelagem.

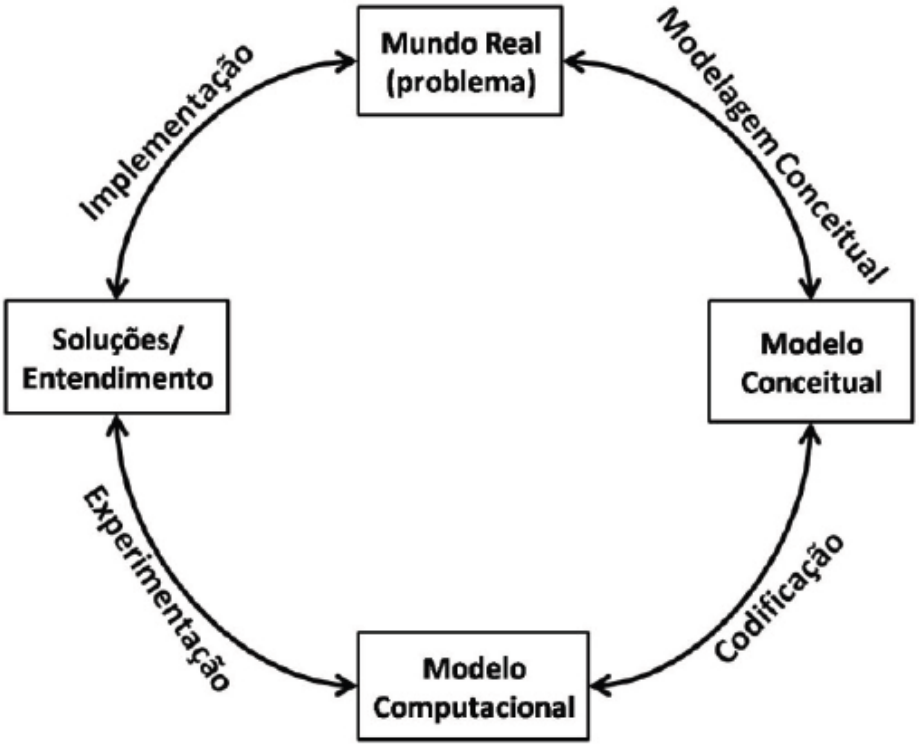

Figura 3: processos-chave em um estudo de modelagem (Robinson, 2004)

Simulação de um sistema é a operação de um modelo que o representa. Este pode ser reconfigurado, e distintos cenários podem ser avaliados. Seu funcionamento pode ser estudado e, assim, as propriedades relativas ao comportamento real do sistema podem ser observadas. A simulação é uma ferramenta para avaliar o desempenho de um sistema, existente ou proposto, sob diferentes configurações de interesse e ao longo de grandes períodos de tempo real. Esta ferramenta pode ser utilizada antes de um sistema existente sofrer alterações, ou antes de um novo sistema ser implantado. Assim, pode-se reduzir as chances de fracasso, eliminar gargalos imprevistos, evitar o mal uso de recursos e otimizar o desempenho do sistema (Maria, 1997).

Simulação de eventos discretos assume que o sistema muda instantaneamente em resposta a determinados eventos. É menos detalhada que a simulação contínua, mas é mais simples de executar, e, portanto, é usada em uma ampla variedade de situações. A Figura 4 ilustra os processos em um estudo de simulação (Maria, 1997).

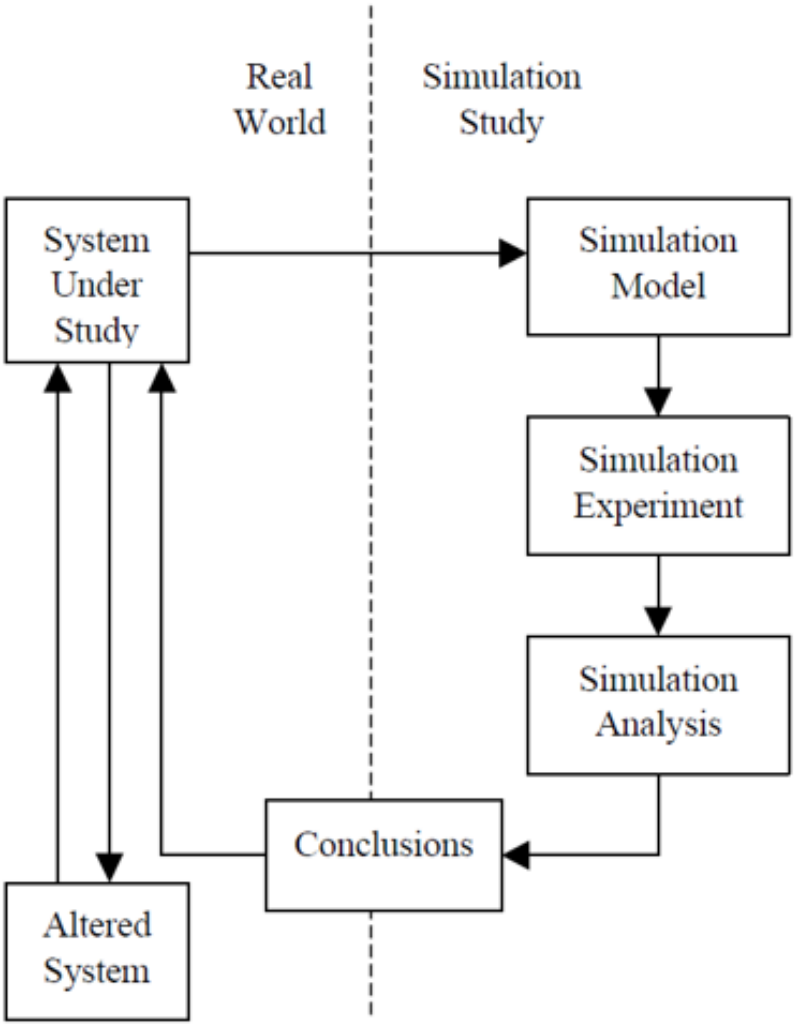

Figura 4: processos de um estudo de simulação (Maria, 1997)

De acordo com Maria (1997), as etapas envolvidas no desenvolvimento de um modelo de simulação, na concepção de uma experimentação e na análise de resultados são:

- Identificar o problema;
- Formular o problema;
- Coletar e processar dados do sistema real;
- Formular e desenvolver um modelo;
- Validar o modelo;
- Documentar o modelo para uso futuro;
- Selecionar um experimento adequado;
- Estabelecer condições experimentais;
- Realizar a simulação;
- Interpretar e apresentar resultados;
- Recomendar ações futuras.

Nem todos os passos são necessários ou possíveis de serem realizados. Entretanto, etapas adicionais podem ser incluídas, caso haja necessidade. Modelos de simulação são compostos pelos

seguintes componentes: entidades do sistema, variáveis de entrada, medidas de desempenho, e relações funcionais (Maria, 1997).

A experiência de simulação é um teste ou uma série de testes em que mudanças significativas são feitas para as variáveis de entrada de um modelo. Assim pode-se observar e identificar as razões para mudanças nas medidas de desempenho. O número de experiências em um estudo de simulação é maior ou igual ao número de perguntas feitas sobre o modelo (Maria, 1997).

Segundo Maria (1997), modelagem e simulação é uma das técnicas de pesquisa operacional mais utilizadas. Quando usada criteriosamente, torna possível:

- Obter uma melhor compreensão do sistema através do desenvolvimento de um modelo matemático;
- Testar hipóteses sobre a viabilidade do sistema;
- Comprimir o tempo para observar certos fenômenos durante longos períodos, ou expandir o tempo para observar um fenômeno complexo em detalhe;
- Estudar os efeitos de certas mudanças informacionais, organizacionais, ambientais e políticas sobre o funcionamento de um sistema, alterando o modelo do sistema. Isto pode ser feito sem perturbar o sistema real e reduz significativamente o risco envolvido;
- Experimentar situações novas e desconhecidas, em que pouca informação é disponível;
- Identificar as variáveis mais sensíveis às medidas de desempenho, e suas inter-relações;
- Identificar os gargalos no fluxo de entidades ou de informação;
- Usar várias métricas de desempenho para analisar as configurações do sistema;
- Empregar uma abordagem de sistemas para resolver problemas;

Simulação de eventos discretos é uma metodologia de simulação dinâmica, em que as variáveis do sistema se alteram em momentos distintos no tempo em função de um evento específico. Seus elementos podem ser descritos como: entidades, atividades, recursos e controles (Loureiro, 2014). A Figura 5 apresenta, através do ponto de vista do método, o sistema em estudo.

Figura 5: elementos do sistema (Harrell et. al, 2004)

Segundo Harrell et. al (2004) recursos são utilizados para a execução das atividades, e capacidade, tempo de ciclo, produtividade são suas características associadas. Além disso, modelos de simulação de eventos discretos também possuem elementos como variáveis globais, filas e relógio de simulação.

De acordo com Loureiro (2014), as características da simulação de eventos discretos o tornam ideal para modelar sistemas que podem ser representados por um processo ou sequência de operações, que apresentem forte variabilidade, definida por uma distribuição de probabilidade. É possível uma representação do modelo através do uso de funções pré-definidas e blocos de construção. Porém, deve-se atentas as limitações relacionadas às dificuldades de representação de processos complexos ou problemas de roteamento dinâmico e de agendamento.

Pode-se entender um sistema de transportes, em termos econômicos, como um sistema produtivo que transforma insumos em produtos específicos. Ao planejar um sistema de transportes, existem múltiplas possibilidades de oferta disponíveis, consequência da variação de combinações de insumos, tecnologia e formas de operação (Novaes, 1986).

Segundo Neufville e Stafford (1971), os processos que compõem um sistema produtivo podem ser esquematizados de acordo com a Figura 6. O primeiro bloco corresponde aos valores dos insumos, como mão de obra, veículos e instalações. A composição dos insumos, com seus valores unitários, cria funções de custo, representadas pelo segundo bloco. O bloco 3 representa os tipos e as quantidades dos insumos físicos. O processo de produção, em conjunto com os insumos e processos operacionais (bloco 4), é responsável por gerar produtos e serviços (bloco 5). Ao serem comercializados, os produtos e serviços desenvolvem uma função de receita, representada pelo sexto bloco. O valor macroeconômico e social obtido é definido pelo bloco 7.

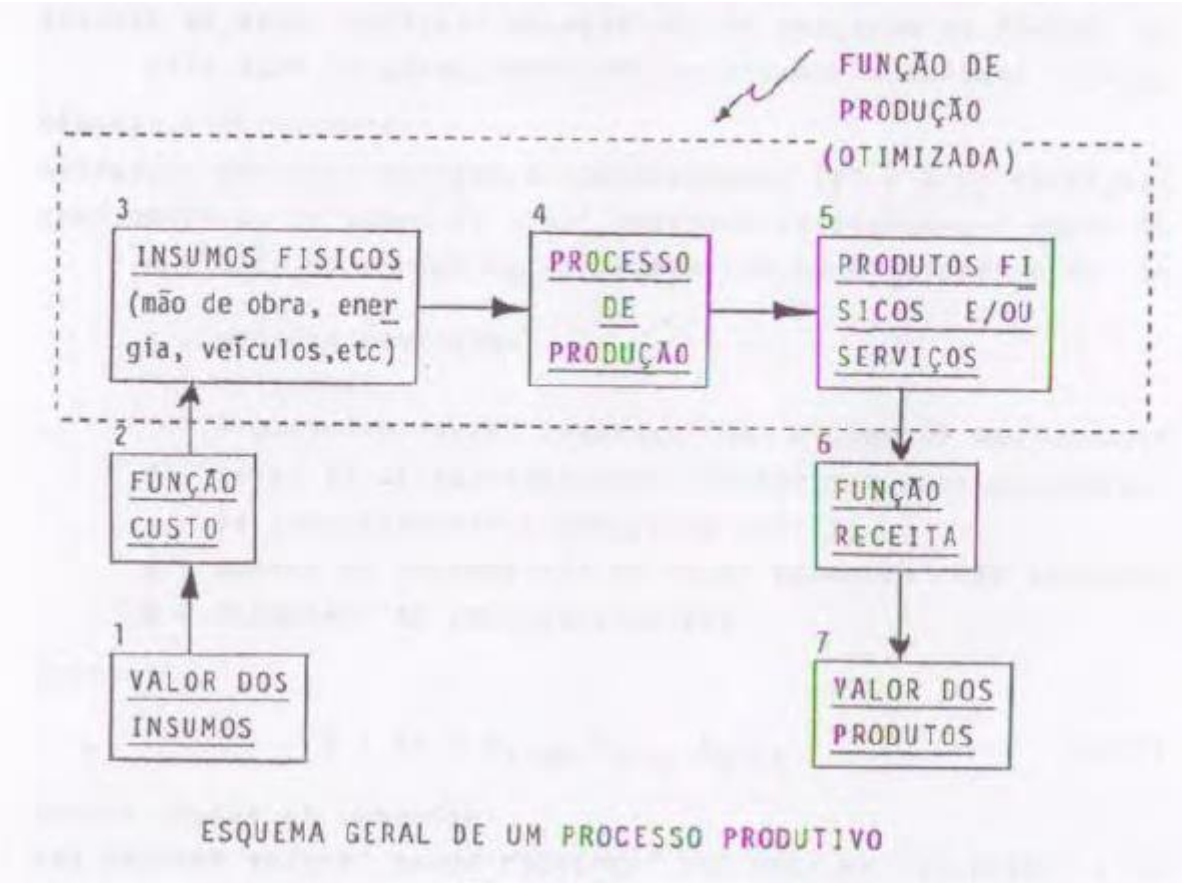

Figura 6: processos de um sistema produtivo (Novaes, 1986)

Assim, de acordo com Novaes (1986), a função de produção descreve os esquemas e máxima produção que podem ser definidos a partir de combinações diversas dos insumos. Uma função deste

tipo relaciona os níveis de produção de um determinado sistema de transportes com variáveis básicas de natureza diversa: variáveis técnicas, operacionais e insumos diversos.

O estudo da função de produção para um sistema de transportes permite (Novaes, 1986):

- A comparação entre distintas alternativas de oferta de transporte para um determinado sistema;
- A análise dos possíveis ganhos de escala;
- A quantificação dos fatores físicos (insumos e produtos) para uma análise econômica (custos, receitas e valores).

Uma etapa importante da simulação e modelagem computacional é o teste do modelo em análise. Desta maneira, uma função de produção da operação em estudo pode ser criada, de forma a comparar seu resultado para os parâmetros do contexto com o output da simulação através de um software adequado.

4. METODOLOGIA

Para se investigar os impactos da implantação de um ponto de apoio que suporte a distribuição de bebidas no centro de Campinas/SP, optou-se por uma metodologia de pesquisa de simulação e modelagem computacional de eventos discretos. A Figura 7 ilustra o fluxograma do procedimento adotado, desenvolvido por Loureiro (2014).

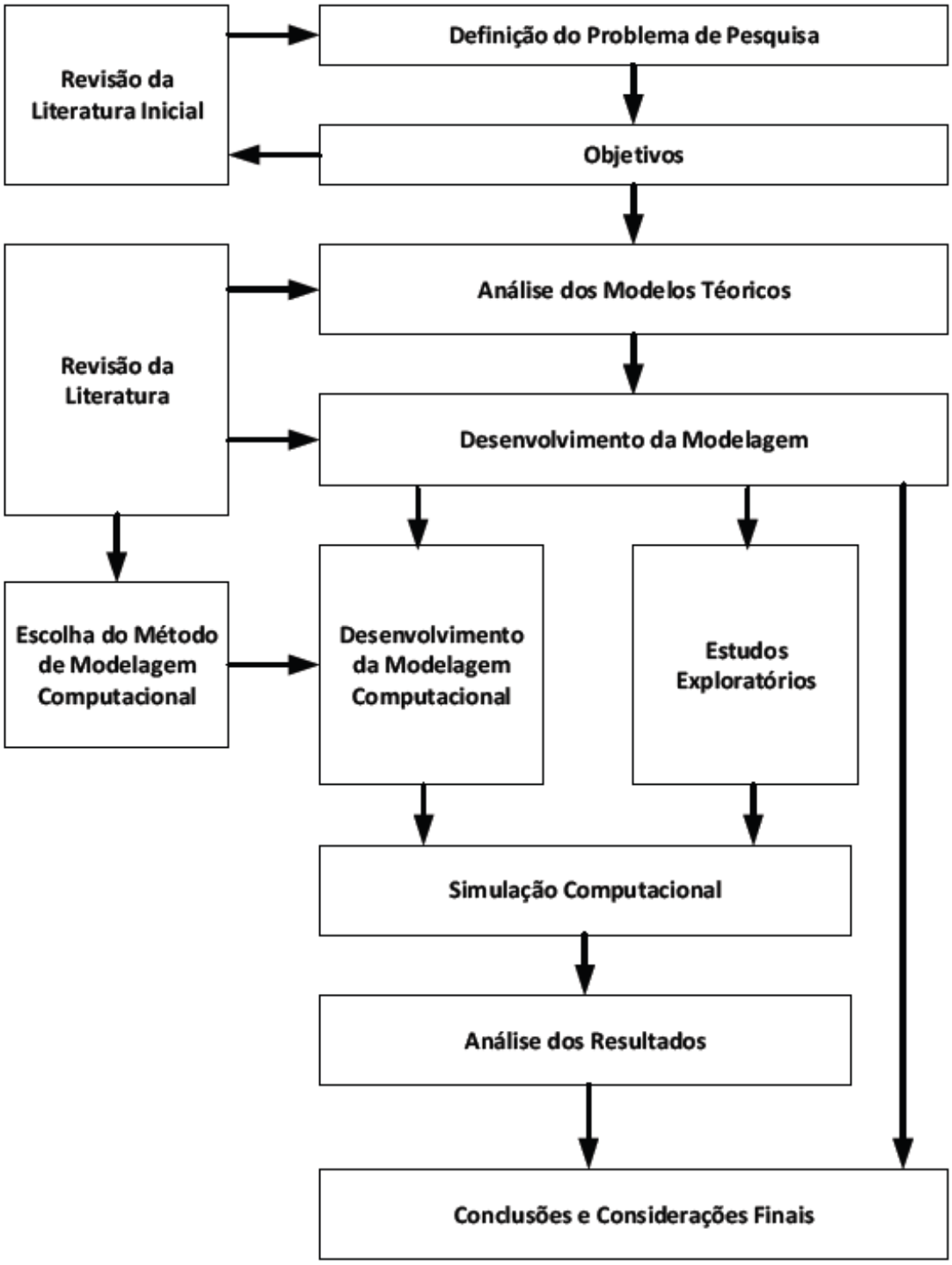

Figura 7: etapas do desenvolvimento da pesquisa (Loureiro, 2014)

A revisão bibliográfica inicial tem como finalidade identificar trabalhos que abordem o tema de logística urbana e que contribuam para o referencial teórico e motivação da pesquisa. Assim, a etapa inicial da pesquisa possibilitou o correto delineamento do problema, além dos objetivos a serem atingidos.

A segunda etapa da pesquisa corresponde ao desenvolvimento do referencial teórico. Definiu-se conceitos básicos de modelagem e simulação, de forma a ressaltar os aspectos importantes a serem considerados na metodologia proposta. Além disso, buscou-se identificar as relações entre os agentes na rede logística, seus principais elementos e características.

Têm-se, como estudos exploratórios, uma pesquisa de campo inicial e a realização de grupos focais, de forma a complementar as informações obtidas através da revisão da literatura. Desta maneira, foi possível levantar as necessidades logísticas dos agentes envolvidos no problema em análise, além de coletar informações importantes que representam dados de entrada no modelo de simulação.

A terceira etapa do trabalho é o desenvolvimento do modelo computacional, em que o método de modelagem computacional escolhido foi a simulação de eventos discretos. O processo de desenvolvimento do modelo consiste na codificação do modelo conceitual desenvolvido na etapa anterior em uma linguagem computacional. Assim, são realizados experimentos, onde os parâmetros são alterados, o que possibilita que diferentes cenários sejam criados. Isso permite uma maior compreensão do sistema modelado, uma vez que pode-se observar os processos mais críticos do problema em estudo.

A última etapa da pesquisa corresponde às conclusões obtidas, além da análise e descrição dos principais resultados do trabalho.

5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

5.1. Função de Produção

O objetivo desta seção é determinar a função de produção da frota de distribuição de mercadorias após o recebimento das cargas no ponto de apoio implantado. Segundo Novaes (1986), os parâmetros e variáveis necessários para a definição de uma função de produção são:

- Q – produção do sistema;
- H – jornada de trabalho, em horas por dia;
- N – número de veículos em operação efetiva;
- V – velocidade média de tráfego (km/h);
- A – ano operacional, igual ao número médio de dias de operação efetiva do sistema por ano;
- W – capacidade útil de um veículo;
- Tc – tempo de ciclo, em minutos.

Como a simulação não corresponde uma janela de tempo grande, apenas um dia de operação será analisado, a variável A, correspondente ao ano operacional, não será considerada. A finalidade do modelo é avaliar quantos veículos são necessários para a distribuição efetiva das mercadorias que chegam no ponto de apoio. Assim, as seguintes etapas foram contempladas no cálculo da função de produção:

- Cálculo do tempo de ciclo;
- Cálculo do número médio de ciclos por dia;
- Com a produção diária necessária conhecida através de estudos exploratórios, cálculo da quantidade de veículos necessários.

Para o cálculo das variáveis citadas, foi necessário a determinação de alguns parâmetros. Através do contato direto com os estabelecimentos comerciais da região em análise, foi descoberta a frequência semanal de entregas de bebidas dos estabelecimentos, assim como uma média da

quantidade de pacotes de bebida por entrega. Com a média de entregas semanais, pode-se determinar quantas entregas são necessárias por dia, assim como o volume total diário.

A pesquisa de campo evidenciou uma média de 30 pacotes de bebida por entrega para cada estabelecimento comercial. Além disso, observou-se que são realizadas aproximadamente 170 entregas por semana. Assim, pode-se concluir que:

$$170\ entregas/_{semana} = {}^{24\ entregas}/_{dia}$$

Portanto:

$$24 \times 30 = {}^{720\ pacotes}/_{dia}$$

O tempo médio de descarga da operação também foi mensurado. Considerou-se que o tempo de carga dos veículos é o mesmo de descarga, 10 minutos.

5.1.1. Cálculo do tempo de ciclo

O tempo de ciclo envolve:

- O carregamento dos veículos;
- A ida ao estabelecimento comercial;
- A descarga e entrega;
- A volta ao ponto de apoio.

Conforme citado, o tempo de carregamento e o tempo de descarga e entrega foram determinados através do contato com os representantes dos estabelecimentos comercial, e definidos como 10 minutos cada.

Uma vez que a primeira análise avalia a distribuição através de motos, adotou-se que a velocidade média das motos, carregadas, equivale à 36 km/h. De acordo com o raio definido pela zona central, considerou-se a distância de 5 km como uma média de percurso a ser percorrido por veículo. O tempo de ida ao estabelecimento comercial é definido por:

$$\frac{5km}{36\ km/h} = 0{,}139\ h = 8{,}34\ minutos$$

Para a volta ao ponto de apoio, com a moto descarregada, considerou-se que a velocidade média equivale à 42 km/h. O tempo de volta vale:

$$\frac{5km}{42\ km/h} = 0{,}119\ h = 7{,}14\ minutos$$

Assim, o tempo de ciclo é:

$$Tc = 10 + 8{,}34 + 10 + 7{,}14 = 35{,}48\ minutos$$

5.1.2. Cálculo do número médio de ciclos por dia

O cálculo do número médio de ciclos por dia (m) pode ser definido como a razão entre a jornada de trabalho (8 horas) e o tempo de ciclo das motos:

$$m = \frac{J}{Tc} = \frac{480}{35{,}48} = 13{,}53\ ciclos\ por\ dia$$

Como a quantidade de ciclos por dia deve ser um número inteiro, considera-se 14 ciclos por dia.

5.1.3. Cálculo da quantidade de veículos necessários

Segundo Novaes (1986), a função de produção adaptada ao contexto analisado é:

$$Q = m \times N \times W$$

Com o valor de produção diária, quantidade de ciclos por dia e capacidade das motos conhecidos (8 pacotes), o número de veículos necessários é:

$$N = \frac{720}{14 \times 8} = 6{,}43\ veículos$$

5.2. Teste do modelo

Conforme citado na revisão bibliográfica, é necessário testar o modelo construído antes de simular distintos cenários para análise, de forma a garantir a confiança e efetividade do modelo em uso. Assim, um modelo para o ponto de apoio foi construído através do software de simulação para eventos discretos chamado Promodel. A Figura 8 ilustra o modelo em uma simulação.

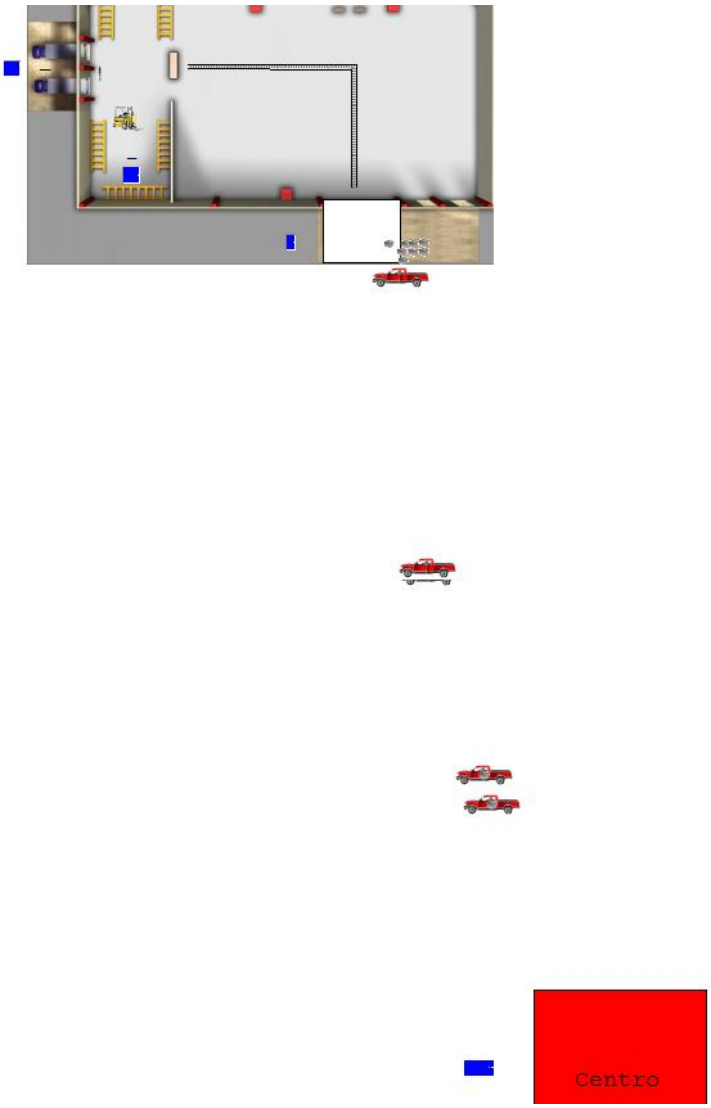

Figura 8: modelo construído para analisar a operação

O modelo foi construído baseado em processos que ocorrem na operação. Primeiro, programou-se a chegada de caminhões no ponto de apoio, que trazem a quantidade de pacotes indicada na pesquisa de campo. Foram desenvolvidos processos internos do ponto de apoio para dar suporte ao modelo, desde a operação de descarga dos caminhões, até o carregamento dos veículos. O objetivo desta etapa é validar a função de produção, demonstrando que o modelo necessita de, no mínimo, 7 veículos com a capacidade descrita para realizar todas as entregas necessárias.

A primeira simulação com o modelo proposto possuía 6 veículos (com a velocidade e a capacidade citadas na função de produção), com a finalidade de provar que tal quantidade não é suficiente para a operação, conforme visto na função de produção calculada. A Figura 9 e a Figura 10, extraídas do relatório obtido após a simulação, mostram que essa quantidade de recursos realmente não é capaz de transportar os 720 pacotes necessários.

Report1 × Entity Summary Table ×

Name	Current Quantity In System
Caixa	664.00

Figura 9: quantidade de pacotes transportados com 6 veículos

Name	Units	Scheduled Time (Hr)	Work Time (Min)
Entregador.1	1.00	8.03	482.01
Entregador.2	1.00	8.37	501.98
Entregador.3	1.00	8.29	497.35
Entregador.4	1.00	8.07	484.24
Entregador.5	1.00	8.15	488.87
Entregador.6	1.00	8.20	492.07

Figura 10: simulação com 6 veículos, com jornada de trabalho de 8 horas

Para finalizar o teste do modelo, foi simulada a operação com 7 veículos, quantidade mínima de recursos que a função de produção indicou ser suficiente. A Figura 11 demonstra que a quantidade de veículos foi suficiente, ou seja, pode-se concluir que o modelo foi devidamente testado. A Figura 12 ilustra o uso de recursos, com 7 veículos para entrega. Pode-se observar que todos os veículos trabalharam um pouco menos de 8 horas no dia, o que demonstra o fato de 6,43 veículos serem necessários, e não 7. Porém, não é possível assumir um número de recursos que não seja inteiro.

Report1 × Entity Summary Table ×

Name	Current Quantity In System
Caixa	720.00

Figura 11: quantidade de pacotes transportados com 7 veículos

Report1 × Entity Summary Table × Resource Summary Table ×

Resource Summary

Name	Units	Scheduled Time (Hr)	Work Time (Min)	Average Time Travel To Park (Min)	% Blocked In Travel	% Utilization
Entregador.1	1.00	8.00	457.02	1.79	0.00	95.21
Entregador.2	1.00	8.00	446.22	1.79	0.00	92.96
Entregador.3	1.00	8.00	451.66	1.79	0.00	94.10
Entregador.4	1.00	8.00	441.03	1.79	0.00	91.88
Entregador.5	1.00	8.00	441.11	1.79	0.00	91.90
Entregador.6	1.00	8.00	466.11	1.79	0.00	97.11
Entregador.7	1.00	8.00	456.61	1.79	0.00	95.13

Figura 12: simulação com 7 veículos, com jornada de trabalho de 8 horas

5.3. Novos cenários criados

Uma fez construído e testado, é possível modificar parâmetros do modelo, e assim, definir distintos cenários para serem simulados. Este estudo simulou os seguintes cenários, além do inicial:

- Entregas com motos trabalhando em 2 turnos (das 8h00 às 15h00, e das 15h00 às 22h00);
- Entregas com motos trabalhando em um turno regular (das 8h00 às 17h00) e em uma janela do período noturno (das 19h00 às 22h00);
- Entregas com veículos pequenos;

O objetivo das simulações foi determinar quantas unidades de veículo (moto, veículo pequeno ou caminhão) são necessárias em cada turno, e consequentemente, para suportar um dia de operação.

6. RESULTADOS

6.1. Entregas com motos trabalhando em 2 turnos (das 8h00 às 15h00, e das 15h00 às 22h00)

A Figura 13 apresenta o uso de recursos, com 9 entregadores necessários para realizar a operação. A Figura 14 ilustra a quantidade de entregadores necessários por período de tempo. A Figura 15 ainda demonstra que os 720 pacotes foram entregues. Assim, conclui-se que essa opção traz como benefício o menor uso de veículos, uma vez que apenas 5 motos são necessárias para a operação inteira.

Report1 × Resource Summary Table ×

Name	Units	Scheduled Time (Hr)	Work Time (Min)	% Blocked In Travel	% Utilization
Entregador.1	1.00	6.14	354.33	0.00	96.11
Entregador.2	1.00	6.40	376.85	0.00	98.12
Entregador.3	1.00	6.16	362.08	0.00	98.04
Entregador.4	1.00	6.32	364.91	0.00	96.22
Entregador.5	1.00	6.24	323.85	0.00	86.51
Entregador.6	1.00	6.30	356.27	0.00	94.29
Entregador.7	1.00	6.24	329.86	0.00	88.12
Entregador.8	1.00	6.24	329.17	0.00	87.94
Entregador.9	1.00	6.40	376.80	0.00	98.12

Figura 13: uso de recursos

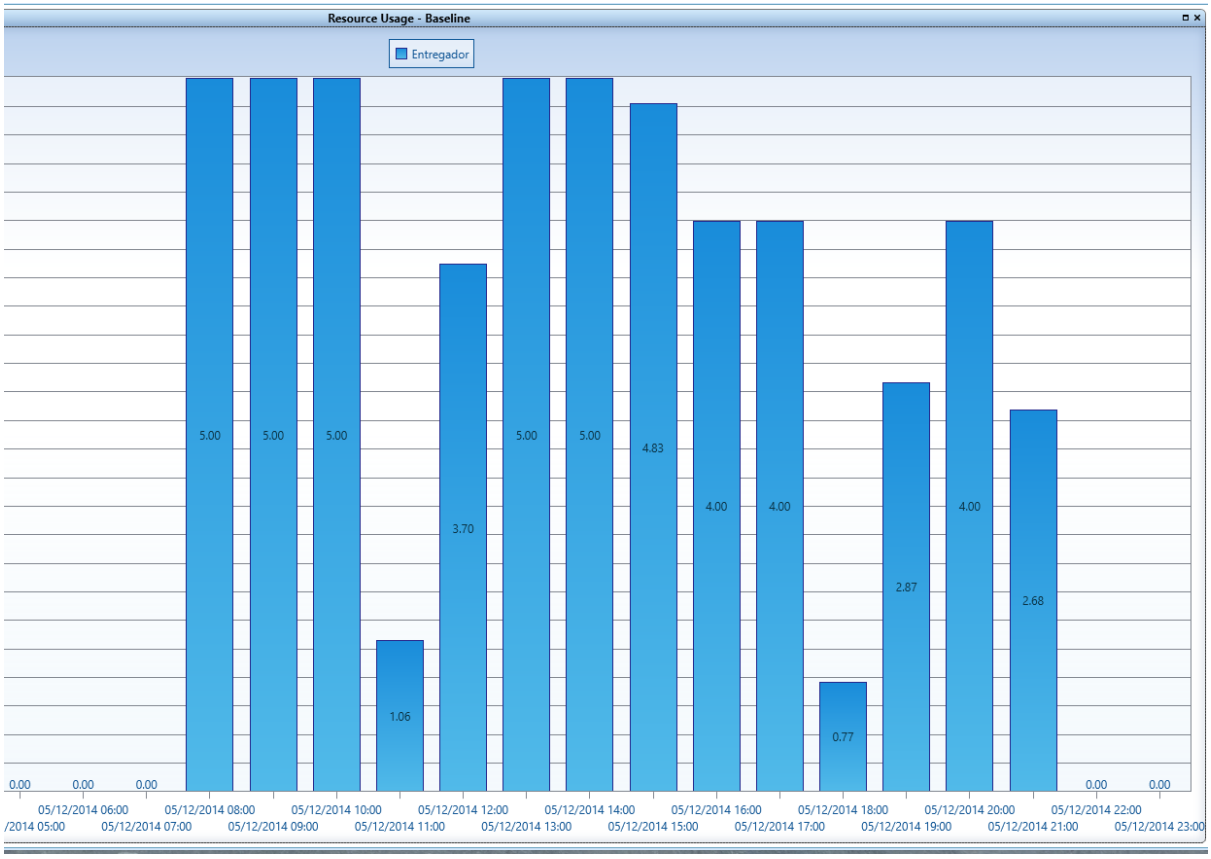

Figura 14: uso de recurso por tempo

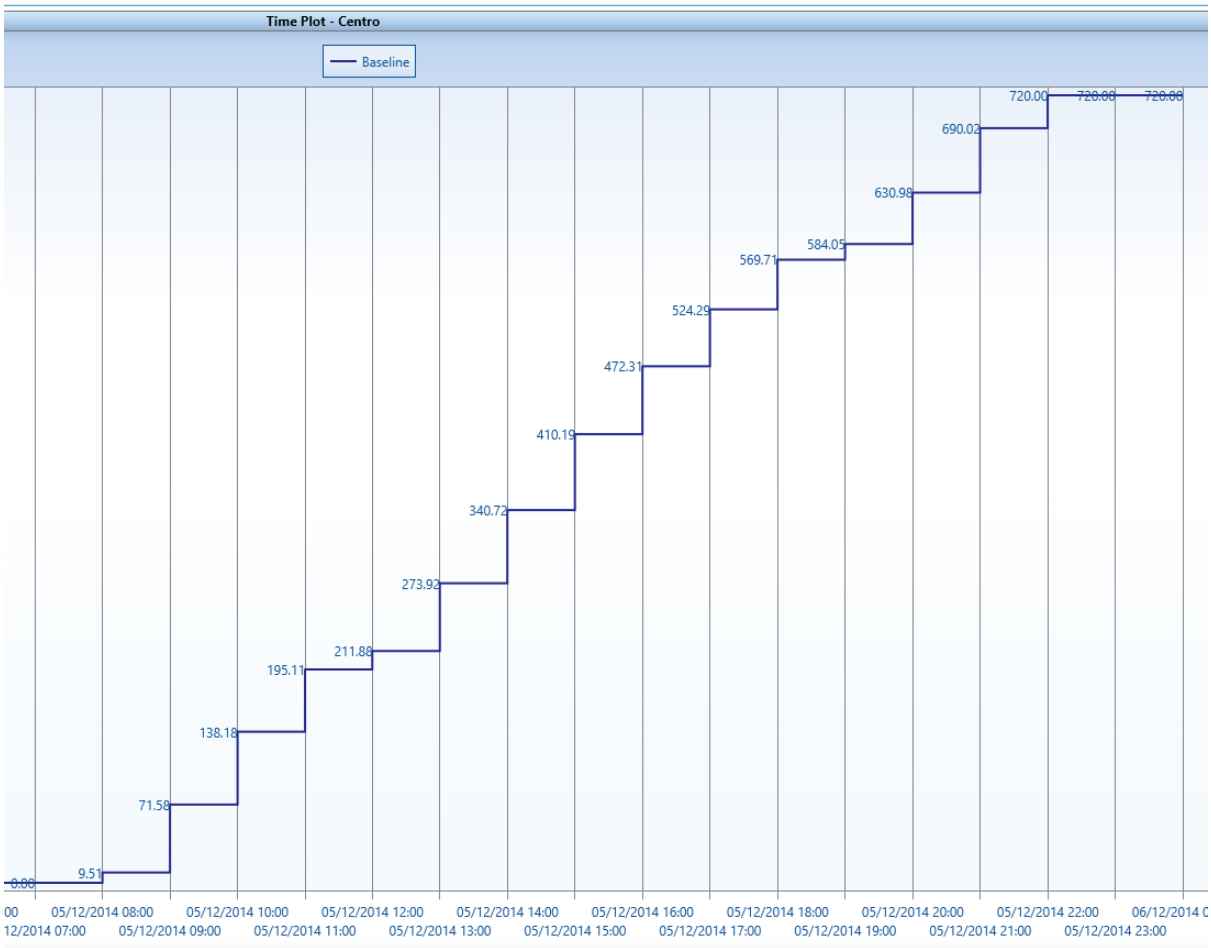

Figura 15: quantidade de pacotes entregues por períodos de tempo

6.2. Entregas com motos trabalhando em um turno regular (das 8h00 às 17h00) e em uma janela do período noturno (das 19h00 às 22h00)

A Figura 16 apresenta o uso de recursos, com 9 entregadores necessários para realizar a operação. A Figura 17 ilustra a quantidade de entregadores necessários por período de tempo. A Figura 18 ainda demonstra que os 720 pacotes foram entregues. Assim, conclui-se que essa opção traz como benefício o menor uso de veículos, uma vez que apenas 5 motos são necessárias para a operação inteira.

Report1 × Resource Summary Table ×

Name	Units	Scheduled Time (Hr)	Work Time (Min)	% Blocked In Travel	% Utilization
Entregador.1	1.00	8.35	479.19	0.00	95.70
Entregador.2	1.00	8.27	481.66	0.00	97.11
Entregador.3	1.00	8.43	491.16	0.00	97.15
Entregador.4	1.00	8.36	494.47	0.00	98.56
Entregador.5	1.00	8.35	486.80	0.00	97.14
Entregador.6	1.00	3.27	189.00	0.00	96.35
Entregador.7	1.00	3.17	183.08	0.00	96.23
Entregador.8	1.00	3.35	193.79	0.00	96.43
Entregador.9	1.00	3.52	203.77	0.00	96.60

Figura 16: uso de recursos

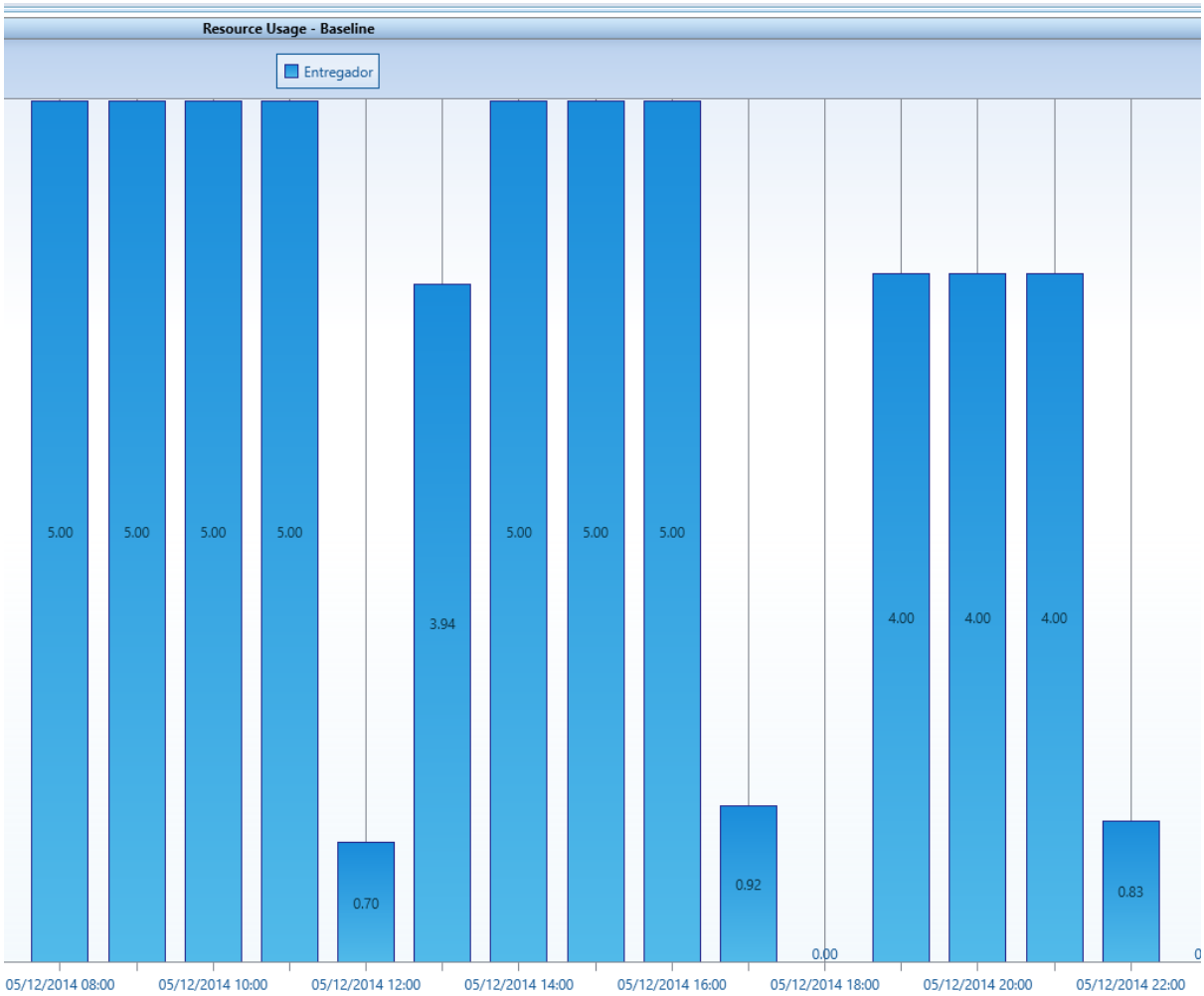

Figura 17: uso de recurso por tempo

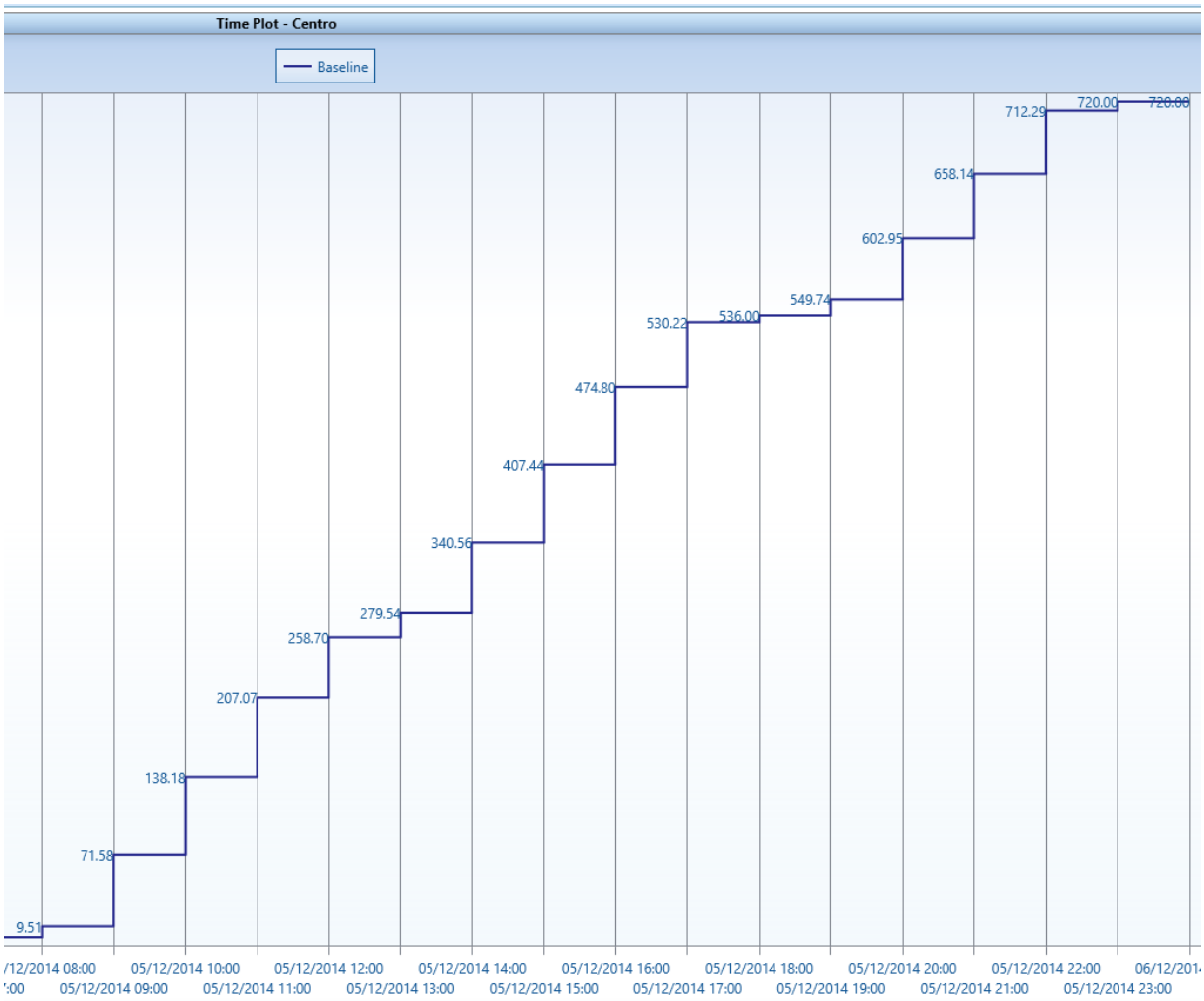

Figura 18: uso de recurso por tempo

6.3. Entregas com veículos pequenos

A Figura 19 apresenta o uso de recursos, com 1 entregador necessário para realizar a operação. A Figura 20 ainda demonstra que os 720 pacotes foram entregues. Considerou-se que a velocidade média do veículo, trafegando no centro da cidade, é de 30 km/h. Além disso, possui uma capacidade superior às motos, sendo capaz de carregar 72 pacotes de bebida.

Report1 × | Entity Summary Table × | **Resource Summary Table** ×

Name	Units	Scheduled Time (Hr)	Work Time (Min)	% Blocked In Travel	% Utilization
Entregador	1.00	8.33	402.77	0.00	80.54

Figura 19: uso de recursos

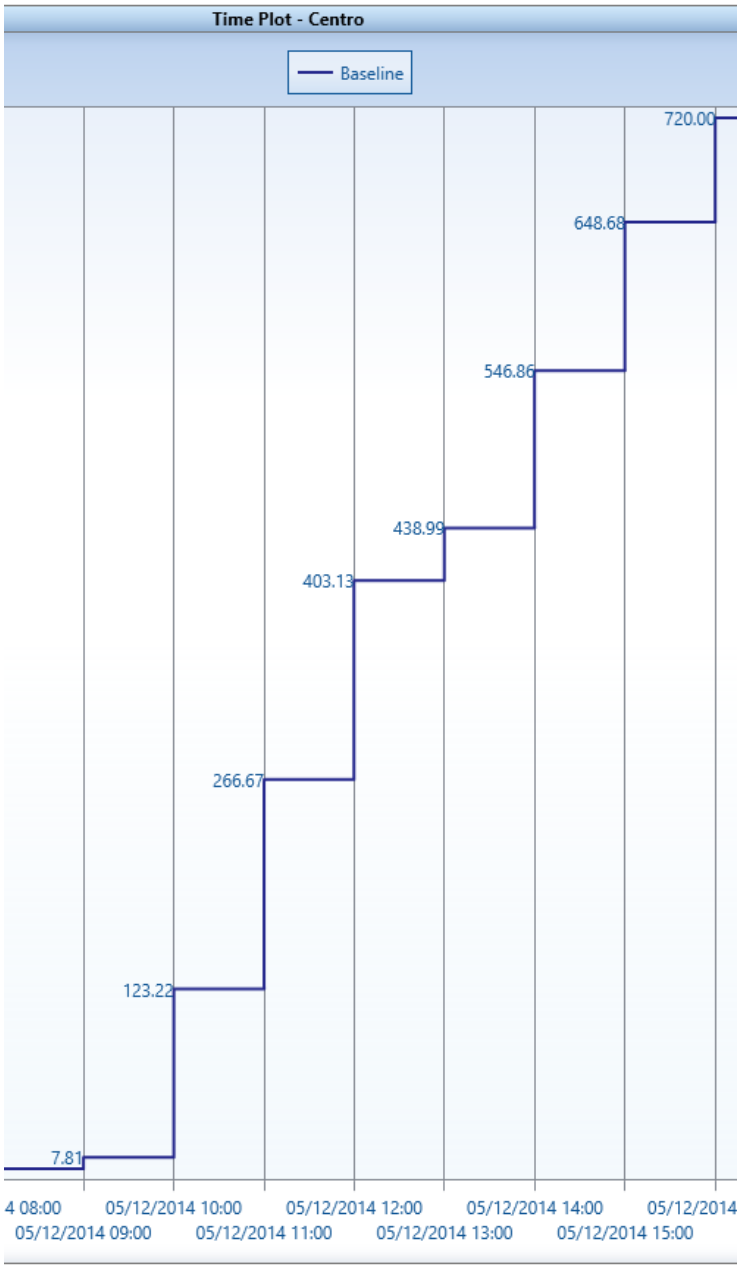

Figura 20: uso de recurso por tempo

7. CONCLUSÕES

O presente estudo realizou a simulação de 4 cenários distintos, envolvendo entregas de bebida no centro de Campinas/SP a partir de um ponto de apoio. Não se verificou necessidade de realizar a simulação para caminhões, uma vez que apenas um veículo pequeno é capaz de suportar a quantidade diária de entregas na região. Pode-se observar que um projeto de implantação de um ponto de apoio próximo ao centro da cidade, para abastecê-lo, tem a possibilidade de reduzir a quantidade de caminhões que trafegam no centro da cidade, contribuindo, assim, na redução dos congestionamentos.

Futuras análises são possíveis e recomendadas, para se verificar a análise de custo benefício das opções apresentadas. O uso da metodologia de modelagem e simulação de eventos discretos se mostrou adequada ao estudo, uma vez que permite analisar diferentes cenários facilmente, com a

mudança dos parâmetros do sistema. Além disso, permitiu o dimensionamento de quantos veículos seriam necessários para que cada cenário operasse com sucesso.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORREIA, V. A., OLIVEIRA, L. K., MATEUS, G. R. **Perspectivas para a melhoria da distribuição urbana de mercadorias.** XXIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2010.

DUTRA, N. G. S., NOVAES, A. G. N., MOREIRA, M. E. P. **Novos conceitos e tecnologias na distribuição urbana de mercadorias.** XXVI ENEGEP, 2006.

DEZI, G., DONDI, G., SANGIORGI, C. **Urban freight transport in Bologna: Planning commercial vehicle loading/unloading zones.** Elsevier, Procedia Social and Behavioral Sciences, 2:5990–6001, 2010.

HARRELL, C.; GHOSH, B. K.; BOWDEN JR, R. O. **Simulation Using Promodel.** New York: McGraw Hill, 2004.

LIMA, O. F. JR. **Inovação frugal: a nova rota da logística urbana.** Mundo Logística, 23:24-40, 2011.

LOUREIRO, S. A. **Análise dos impactos dos arranjos relacionais em transportes por modelo multiagentes.** Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 2014.

MARRA, C. **Caracterização de Demanda de Movimentações Urbanas de Cargas.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 1999.

MARIA, A. **Introduction to modeling and simulation.** Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference, 1997.

NEUFVILLE, R. e J. H. STAFFORD. **Systems Analysis for Engineers and Managers**. McGraw-Hill, New York, 1971.

NOVAES, A. G. **Sistemas de transportes**. Volume 2: Análise da Oferta, 1986.

ROBINSON, S. **Simulation: the pratice of model developement and use.** London: John Wiley & Sons Ltd, 2004.