

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Luís Felipe Cazorla Ciscar  
Paulo Henrique Cândido Barbosa  
Rafael Siqueira Telles de Souza Campos

ANÁLISE DA CAPACIDADE DE VAGAS NO ESTACIONAMENTO PARA ALUNOS  
DA ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

GOIÂNIA

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Luís Felipe Cazorla Ciscar  
Paulo Henrique Cândido Barbosa  
Rafael Siqueira Telles de Souza Campos

ANÁLISE DA CAPACIDADE DE VAGAS NO ESTACIONAMENTO PARA ALUNOS  
DA ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Este trabalho será apresentado como forma de avaliação para a conclusão do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal de Goiás.

Orientador: Professor Willer Luciano Carvalho D.Sc.

GOIÂNIA

2015

Luís Felipe Cazorla Ciscar  
Paulo Henrique Cândido Barbosa  
Rafael Siqueira Telles de Souza Campos

ANÁLISE DA CAPACIDADE DE VAGAS NO ESTACIONAMENTO PARA ALUNOS  
DA ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Este trabalho será apresentado como forma de avaliação para a  
conclusão do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal  
de Goiás.

Goiânia, 30 de junho de 2015

---

Professor Willer Luciano Carvalho. D.Sc.  
Orientador

---

Professor Cristiano Farias Almeida. D.Sc.  
Examinador

---

Professora Poliana de Sousa Leite.M.Sc.  
Examinadora

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vaga preferencial nos estacionamentos .....	17
Figura 2 - Sistema multicanal com fila individual .....	23
Figura 3 - Sistema multicanal com fila única .....	24
Figura 4 - Sistema de filas multi-estágio com retorno .....	24
Figura 5 – Curva da taxa de utilização .....	28
Figura 6–NF x $\rho$ .....	29
Figura 7–NS x $\rho$ .....	30
Figura 8–NF x K .....	31
Figura 9–NS x $\rho$ .....	32
Figura 10–TS/TA x $\rho$ .....	32
Figura 11 – NF x $\rho$ .....	33
Figura 12 – Mapa atual da Escola de Engenharia .....	39
Figura 13 – Gráfico da quantidade de carros no estacionamento.....	44
Figura 14 – Gráfico da quantidade de carros no estacionamento.....	46
Figura 15 – Gráfico de projeção futura do número de alunos na faculdade .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Mobilidade urbana.....	13
Tabela 2 - Anexo V da lei complementar nº370 .....	18
Tabela 3– Anexo da lei complementar nº482/2014 (FLORIANOPÓLIS, 2014).....	19
Tabela 4 - Anexo IV da lei nº8.617 (GOIÂNIA, 2008) .....	20
Tabela 5– Equações para a população infinita (PRADO, 2014) .....	27
Tabela 6– Equações para população finita (PRADO, 2014).....	28
Tabela 7 – Histórico da quantidade de alunos na Escola de Engenharia .....	40
Tabela 8 – Contagem de vagas do estacionamento atual de alunos.....	40
Tabela 9 – Frequência de alunos com carro particular na faculdade.....	41
Tabela 10 – Ritmo médio de chegada .....	44
Tabela 11 – Ritmo médio de saída .....	44
Tabela 12 – Ritmo médio de chegada .....	46
Tabela 13 – Ritmo médio de saída .....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC – Área Construída

AO – Área Ocupada

CD – Certidão de Diretrizes

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DSV – Departamento de Operações do Sistema Viário

EEC – Escola de Engenharia Civil

FIFO – First-In-First-Out

FILO – First-In-Last-Out

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

PGV – Polos Geradores de Viagens

PGT – Polos Geradores de Tráfego

SEHAB – Secretária da Habitação e Desenvolvimento Urbano

SMT – Secretária Municipal de Trânsito

TRAD – Termo de Recebimento e Aceitação Definitivo

SeMob – Secretaria Nacional do Transporte e Mobilidade Urbana

UFG – Universidade Federal de Goiás

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO .....	9
1.1 PROBLEMA .....	10
1.2 HIPÓTESE .....	10
1.3 OBJETIVOS .....	10
1.3.1 Objetivo geral .....	10
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
1.4 JUSTIFICATIVA .....	11
CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 MOBILIDADE URBANA .....	12
2.2 POLO GERADOR DE VIAGEM .....	14
2.3 ESTACIONAMENTOS .....	16
2.3.1 Legislações referentes à estacionamento no Brasil .....	17
2.4 TEORIA DAS FILAS.....	20
2.4.1 Clientes e tamanho da população .....	21
2.4.2 Padrão de chegada dos clientes .....	21
2.4.3 Padrões de serviços .....	22
2.4.4 Disciplina das filas .....	22
2.4.5 Capacidade do sistema .....	23
2.4.6 Número de canais de serviço .....	23
2.4.7 Estágios de serviços.....	24
2.4.8 Os processos de chegada e de atendimento .....	25
2.4.9 Modelo das filas.....	26
2.4.10 O Modelo M/M/1 .....	26
2.4.11 Modelo M/M/c.....	29
2.4.12 Modelo Erlang (M/Em/c) .....	31
CAPITULO III – METODOLOGIA DE ESTUDO.....	34

3.1.	DEFINIÇÃO DO MÉTODO A SER UTILIZADO .....	34
3.2	CÁLCULO AMOSTRAL.....	35
3.3	APLICAÇÃO DA TEORIA.....	36
CAPÍTULO IV – ESTUDO DO ESTACIONAMENTO DA ESCOLA DE ENGENHARIA - UFG .....		38
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA DE ENGENHARIA .....	38
4.2	TRATAMENTO DE DADOS .....	41
4.2.1	Cálculo do espaço amostral .....	41
4.2.2	Resultados do Questionário .....	41
4.2.3	Cálculo do número de vagas e taxa de utilização .....	42
4.3	PROJEÇÃO FUTURA .....	48
4.4	ANÁLISE DO RESULTADO .....	49
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES.....		50
Referências.....		52



## **CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO**

A mobilidade urbana nas grandes cidades não tem acompanhado o crescimento urbano. O aumento do número de carros vem crescendo de forma extraordinária, cerca de 235 mil carros novos ingressaram na cidade Goiânia no ano de 2014. Sendo que a estrutura para fazer movimentar esse fluxo, continua praticamente a mesma. E isso reflete no aumento do congestionamento da cidade (RMTC, 2014).

Esse aumento no fluxo de carros nas grandes cidades do mundo todo gera um enorme problema também no dimensionamento de estacionamentos nas cidades. Não há vagas suficientes para suprir a demanda de carros atuais na maioria dos grandes polos. No Distrito Federal, por exemplo, tem-se um déficit de cerca de 40 mil vagas, o que faz com que os motoristas acabem deixando seus carros com flanelinhas nas ruas. Na cidade de São Paulo, estacionar o carro também é uma tarefa muito difícil, o déficit de vagas é ainda maior do que no Distrito Federal, chegando a cerca de 125 mil vagas. Esses dados geram um enorme transtorno para o trânsito dessas regiões e para a mobilidade urbana das cidades (MAIA, 2014) e (ERNST& YOUNG, 2014).

A Escola de Engenharia da UFG também sofre as consequências desse aumento do número de carros, sendo refletido no estacionamento da faculdade, que não vem suprindo a demanda de carros de alunos. Tal aspecto faz com que os alunos tenham que estacionar em via pública.

A Escola de Engenharia, que foi inaugurada em 1958, tinha a missão de abrigar apenas alunos de Engenharia Civil, com o aumento para alunos de Engenharia Elétrica em 1964. Porém essa demanda teve um grande aumento com o passar dos anos, sendo que hoje a escola abriga além dos alunos já citados, os alunos de Engenharia da Computação, Ambiental e Mecânica. Esse aumento causou um grande efeito na área de estacionamento que não apresentou grandes mudanças no decorrer dos anos (EEC, 2011).

Tendo isso em mente, esse trabalho vem com o intuito de estudar a demanda de vagas da escola, para assim poder ver o tamanho dessa defasagem.

## **1.1 PROBLEMA**

A área de estacionamento destinada aos carros particulares dos alunos da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás atende à demanda atual e a esperada para um horizonte de 10 anos?

## **1.2 HIPÓTESE**

O dia-a-dia na Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás nos mostra que o estacionamento para carros particulares de alunos está defasado, ou seja, não atende à demanda atual, e conseqüentemente, a demanda futura ficará prejudicada.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho é avaliar se a área de estacionamento destinada aos carros dos alunos da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás atende à demanda atual e a demanda esperada para um horizonte de 10 anos.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Para alcançar o objetivo geral estabelecido, é necessário alcançar alguns objetivos específicos, bem como:

- Escolher um método científico para determinação da quantidade necessária de vagas de estacionamento de acordo com a demanda e rotatividade;
- Realizar pesquisa para determinar a demanda atual e futura por vagas de estacionamento. Para isso é necessário fazer um estudo do espaço amostral a ser estudado, que deve levar em consideração o grau de confiabilidade e margem de erro;
- A partir dos dados levantados avaliar se o estacionamento atende ou não à demanda.

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

O Brasil, nos últimos anos, tem passado por um grande desenvolvimento científico tecnológico e isso influencia no crescimento das Universidades. Dessa forma, o ingresso de alunos tem sido cada vez maior com vários cursos sendo abertos e novas vagas de graduação e pós-graduação sendo criadas. Dados do Censo indicam um crescimento de 3,8% nas matrículas para o ensino superior, sendo que o total de alunos chegou a 7,3 milhões de estudantes em 2013 (CENSO, 2014). Porém esse crescimento tem que ser acompanhado pelo espaço físico das universidades, a fim de comportar toda nova demanda.

No Brasil inteiro, não só as universidades, mas vários locais de comércio sofrem com a falta de planejamento das áreas destinadas a estacionamentos, gerando assim um grande transtorno não só para os alunos, mas também para todos que circulam em locais próximos a essas universidades, pois os alunos costumam que colocar seus carros nas ruas, e muitas vezes em locais proibidos. São fatos que afetam diretamente a mobilidade urbana dos locais próximos a esses estacionamentos mal dimensionados, fazendo com que o trânsito aumente muito nesses locais.

A Escola de Engenharia Civil na Universidade Federal de Goiás tem sofrido com esse aumento de demanda e hoje tem dificuldades de comportar todos os alunos que nela ingressam. Atualmente, tem-se presentes nessa escola vários cursos, como de Engenharia Mecânica, Ambiental, Elétrica e de Computação além da Civil (EEC, 2014). Como consequência desse aumento de demanda por espaço, uma dificuldade que salta aos olhos é o estacionamento dedicado aos alunos, que em todos os turnos permanece lotado.

Partindo desse contexto esse trabalho tem a importância de determinar de forma eficaz o tamanho da defasagem em termos de número de vagas para veículos particulares, destinadas aos alunos, que hoje é presente na Escola.

## **CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo será feito o levantamento teórico necessário e a obtenção de dados para análise correta das informações, com o intuito de alcançar os objetivos traçados.

### **2.1 MOBILIDADE URBANA**

Ao longo dos séculos, a mobilidade urbana vem evoluindo cada vez mais, acompanhando o desenvolvimento econômico. É a mobilidade que traz tanto às pessoas quanto aos bens a propriedade de se deslocarem no espaço urbano para realizarem suas atividades cotidianas de maneira confortável, em um tempo ideal e de maneira segura (PLANMOB, 2007).

Esse é um conceito muito utilizado, porém, antigamente a única forma que o homem tinha para se movimentar era caminhando, e foi assim durante muitos anos, até que com o passar do tempo o ser humano foi desenvolvendo a sua capacidade de criar, e começou a desenvolver meios de transportes mais rápidos e modernos para atender as necessidades tanto de lazer quanto de trabalho (PLANMOB, 2007).

O transporte foi se desenvolvendo de acordo com o crescimento das cidades, que com o passar dos anos estava mudando de pequenas vilas, para grandes metrópoles, os caminhos estavam se tornando ruas, as ruas tornaram-se avenidas, foi com isso que o homem teve a necessidade de evoluir a maneira de se locomover (MOTA, 2012).

Nos dias atuais, a mobilidade urbana vem sendo um desafio nas principais cidades do mundo. O notório inchaço urbano faz com que surja a necessidade de avaliar novos métodos de transporte para essas grandes cidades. O crescimento exagerado da população gera o deslocamento dessas pessoas em busca de serviços e lazer, acarretando em localidades com concentração populacional (PLANMOB, 2007).

A concentração nos próximos anos deve se acentuar, e com essa acentuação, mais o cidadão depende da mobilidade urbana para se locomover, para o trabalho, para o seu dia a dia. Essa mobilidade depende muito da condição econômica da população, o inchaço urbano muitas vezes desfavorece muito a população de baixa renda, pelo fato de ser desprovida de

serviço de transporte público de qualidade nos bairros periféricos, prejudicando o acesso e as oportunidades.

A política de mobilidade em praticamente todo o território brasileiro, muitas vezes ao invés de melhorar o transporte, acaba prejudicando ainda mais, pois causa redução dos índices de mobilidade e acessibilidade, degradação do meio ambiente, desperdício de tempo em congestionamentos, e grande mortalidade devido aos acidentes de trânsito. O transporte público deveria ser algo que atraísse a população a deixar de utilizar o transporte individual, mas o que acontece a muitos anos é exatamente o contrário, grande parte da população tenta sair do transporte coletivo para o individual (SEMOB, 2007).

Esta situação permanece e tende a se agravar: a falta de transporte público de qualidade estimula o uso do transporte individual, que aumenta os níveis de congestionamento e poluição. Esse uso ampliado do automóvel estimula no médio prazo a expansão urbana e a dispersão das atividades, elevando o consumo de energia e criando grandes diferenças de acessibilidade às atividades (ANTP, 1997).

A mobilidade varia bastante de acordo com cada região do Brasil, como mostra na Tabela 1. Através dessa tabela, percebe-se que a renda afeta bastante no meio de transporte usado pela população. Nas regiões onde se tem uma renda mais alta, as pessoas utilizam mais o próprio automóvel, e nas outras regiões de menor renda acaba utilizando-o transporte público, ou veículos não motorizados.

Tabela 1 – Mobilidade urbana

	<b>Brasil</b>	<b>Sul</b>	<b>Sudeste</b>	<b>Centro -Oeste</b>	<b>Nordeste</b>	<b>Norte</b>
<b>Transporte Público</b>	44,3	46,3	50,7	39,6	37,5	40,3
<b>Carro</b>	23,8	31,7	25,6	36,5	13,0	17,6
<b>Moto</b>	12,6	12,4	11,6	6,5	19,4	8,2
<b>A pé</b>	12,3	7,6	8,3	13,7	18,8	16,1
<b>Bicicleta</b>	7,0	2,0	3,8	3,7	11,3	17,9

Fonte: SIPS, 2010

Para que se possa gerar um bom transporte público para a população é necessário que se tenha em mente o uso do solo de cada região, para que se saiba que tipo de transporte é mais utilizado, e fazer um planejamento adequado para cada região. As cidades brasileiras vêm adaptando o uso do solo urbano para as práticas da circulação automobilística. É necessário também que seja feito estudos dos Pólos Geradores de Viagem (PGV), pois é através dele que será identificado grande parte da origem e do destino dos passageiros, e identificar quais os meios de transporte mais utilizados para se ter acesso a esses pólos (ALMEIDA,2013).

No que se refere à mobilidade urbana, a avaliação dos polos geradores de viagens, por exemplo, ainda tem sua análise muito limitada a um empreendimento, no impacto sobre a circulação viária na área de influência do seu entorno e na quantidade de vagas disponibilizada para o estacionamento de automóveis, onde prevalece a máxima de quanto mais, melhor. E com o proliferar dos empreendimentos, multiplicam-se os problemas de circulação na rede (LINDAU, 2014).

Para que a mobilidade urbana seja melhorada, e tenha uma fluidez melhor, é necessário pensar não só na maneira de se deslocar da origem até o destino, mas é necessário estudar também a maneira como os motoristas vão se instalar nos PGV's. Alguns exemplos desses polos são as escolas, faculdades, shoppings, supermercados, bairros com um grande número de comércio, entre outros. Nesses lugares, é importante que se tenha um estacionamento eficaz e atendendo a demanda do local, pois de nada adiantaria o motorista ir até o local desejado no carro próprio, se ao chegar no seu destino não tiver estacionamento para guardar o seu veículo.

Não tendo um estacionamento que atenda a demanda necessária, os motoristas terão que estacionar os seus veículos nas vias públicas, gerando assim um transtorno da mobilidade urbana.

## **2.2 POLO GERADOR DE VIAGEM**

No projeto de criação de um empreendimento, que é considerado Polo Gerador de Viagem, deve ser feito um estudo do impacto que ele poderá causar na região onde se estabelecerá. A partir desse estudo os órgãos e entidades do Sistema Nacional de Trânsito irão definir se o projeto do estabelecimento será aprovado e quais medidas mitigadoras poderão

ser feitas para minimizar os impactos no tráfego da região (DENATRAN, 2001). As Universidades, foco do estudo em questão, são consideradas PGV por possuírem uma área construída grande e terem grande fluxo de pessoas afetando todo o redor do local, necessitando de estacionamentos de grande capacidade para suprir a demanda da universidade para que os carros não utilizem a via pública para esse fim.

Polos Geradores de Viagem são todos empreendimentos de porte que causam problemas na fluidez do tráfego no local de influência dele, por atrair um número significativo de viagens. Esses empreendimentos causam congestionamento com o aumento do volume de veículos nas vias próximas, aumento do tempo de deslocamento dos cidadãos afetando a qualidade de vida, além do aumento de conflitos entre o acesso do empreendimento e o tráfego de passagem que acabam gerando o maior número de acidentes. Porém cada município tem os seus parâmetros para definir quais estabelecimentos são PGV. Em Curitiba, por exemplo, PGV é todo estabelecimento com área construída maior ou igual que 5.000m<sup>2</sup>, enquanto que em Belo Horizonte considera como um dos parâmetros todo empreendimento de uso não residencial no qual a área edificada seja superior a 6.000m<sup>2</sup>, um PGV(DENATRAN, 2001).

Para se conseguir a aprovação para atuar, o empreendimento precisa passar por alguns trâmites legais. Na cidade de São Paulo, o proprietário do estabelecimento deve pagar uma taxa de estudo de diretrizes, a partir disso a CET (Companhia de Engenharia e Tráfego) fará um estudo para identificar os impactos naquela região. Com o estudo em mãos, a CET encaminha um relatório técnico para SMT (Secretária Municipal de Trânsito), que por sua vez irá emitir a certidão de diretrizes (CD), que terá os parâmetros que o projeto deverá seguir e as melhorias que deverão ser feitas. O CD é um documento que será exigido pelo SEHAB (Secretária da Habitação e Desenvolvimento Urbano). Feita a obra, a CET irá fiscalizar se tudo que foi pedido pelo CD foram atendidas. Se aprovado pela CET, ela encaminha um relatório técnico para o Departamento de Operações do Sistema Viário (DSV) que irá emitir o Termo de Recebimento e Aceitação Definitivo (TRAD). O TRAD é um documento exigido para que o empreendimento obtenha o HABITE-SE da obra. (CET, 2014).

Já em Curitiba o processo de licenciamento segue as Resoluções do CONAMA, que repassa a Secretária do Meio Ambiente o poder de expedir a permissão de funcionamento do empreendimento. Dessa forma, se o empreendimento for considerado um PGV, deverá ser

feito um relatório ambiental prévio elaborado pelo próprio empreendedor para a Secretária que irá elaborar pareceres técnicos para a liberação da licença. Assim, dessa forma, as licenças serão liberadas a partir do momento em que o que era exigido na licença anterior for atendido. Segundo resoluções do CONAMA, o empreendimento deverá obter três tipos de licença, a licença prévia (LP), a licença de instalação (LI) e a licença de operação (LO) (DENATRAN,2001).

### **2.3 ESTACIONAMENTOS**

Com o enorme crescimento das cidades, houve um grande avanço na mobilidade da população, seja para se deslocar para o trabalho, entidades de ensino, lazer ou qualquer outro motivo. Juntamente com essa necessidade de locomoção, vêm os meios pelos quais os cidadãos se locomovem que pode ser caminhando, de bicicleta, com transporte particular ou com algum meio de transporte público.

Para que esses meios de transportes se tornem eficientes, surge a necessidade da implantação de estacionamentos em áreas públicas e também em áreas privadas. Para a criação desses estacionamentos, é necessário que seja feito um estudo e um levantamento da demanda atual e revisão futura para identificar a oferta necessária (MELO, 2012).

Estacionamento são áreas destinadas para que os motoristas possam estacionar seus carros de maneira tranquila e segura, para facilitar o acesso ao local desejado. Esses estacionamentos podem ser nas ruas onde não tem cobrança de taxas, tem uma menor rotatividade, com certo atrito em relação à fluidez do trânsito, porém, também existem vagas nas ruas em que são cobradas algumas taxas, tem uma alta rotatividade que são em áreas comerciais e de serviço. Têm-se também os estacionamentos fora das vias, que são os estacionamentos dos shoppings, hospitais, supermercados, faculdades, entre outras áreas que são polos geradores de viagens. Esse tipo de estacionamento (fora da via), que é o foco deste trabalho (PEDOT, 2010).

Diferente das garagens, os estacionamentos são criados para o uso temporário do usuário, e não permanente. Porém, existem muitos estacionamentos que permitem o aluguel das suas vagas, seja pelo número de horas, ou pelo período que o automóvel fica estacionado no local. Em muitos lugares é usado até usuários que pagam pelas suas vagas mensalmente.



Para que o estacionamento seja eficaz, e atenda a demanda desejada sem que haja problemas futuros, é necessário que seja feito alguns estudos em relação ao empreendimento na qual essas vagas irão atender. Deve-se estudar a atual demanda, e a esperada futuramente para aquele local, a localização e a influência desse polo gerador de viagem, a responsabilidade sobre este atendimento, avaliação da utilização de estacionamentos já existentes, um estudo de acumulação e estudo de duração e rotatividade.

No dimensionamento dos estacionamentos é necessário deixar vagas reservadas para idosos e deficientes físicos, que de acordo com a Lei Federal 10.741/03 estabelece a obrigatoriedade de se destinar 5% (cinco por cento) das vagas dos estacionamentos para o uso de pessoas que possuem idade maior que 60 anos e algum tipo de deficiência física. Essas vagas devem ser sinalizadas, reservadas e fiscalizadas. E para usá-la, não basta apenas ser da terceira idade, ou ter alguma deficiência física, é necessária a ida até os órgãos responsáveis de cada cidade, para fazer a carteirinha (Figura 1) que autoriza o uso de tal vaga. Essa carteirinha serve para facilitar a fiscalização de quem realmente tem a necessidade de usufruir daquela vaga (ESTATUTO DO IDOSO, 2003).

Figura 1 - Vaga preferencial nos estacionamentos



Fonte: SMT, 2003.

### 2.3.1 Legislações referentes à estacionamento no Brasil

Regras e normas ditam o modo como se vive no mundo. Definir essas regras e normas é função do poder legislativo, que criam leis que devem ser seguidos pela sociedade em geral. Essas leis podem ter caráter municipal, estadual ou federal.

A legislação de estacionamentos não é diferente, tem suas regras para se seguir.

Cada estado ou cidade tem suas próprias definições de qual a quantidade de vagas para cada

tipo de estabelecimento. Em seguida serão apresentados alguns números de vagas de estacionamento para escolas de curso superior exigidas na cidade satélite de Samambaia e nos municípios de Florianópolis e Goiânia.

Na cidade satélite de Samambaia no Distrito Federal criou-se a lei complementar nº370, em 02 de Março de 2001. Nela aprova-se o Plano Diretor Local da Região Administrativa de Samambaia, conforme o descrito no art. 316 da Lei Orgânica do Distrito Federal. Na lei há descrito o quadro de exigências para vagas de estacionamento (tabela 2), dependendo do porte e o tipo de atividade do local. No que tange a escolas de educação superior, a lei fala que para área construída (AC) menor que 1200m<sup>2</sup>, deve se ter 1 vaga para cada 75m<sup>2</sup> de AC. Para áreas entre 1200m<sup>2</sup> e 2500m<sup>2</sup>, considera-se 1 vaga para cada 50m<sup>2</sup> de AC. Já para áreas maiores que 2500m<sup>2</sup>, considera-se 1 vaga para cada 25m<sup>2</sup> de AC (DISTRITO FEDERAL, 2001).

Tabela 2 - Anexo V da lei complementar nº370

Vagas em garagens e estacionamentos		
Polos Geradores de Viagem		
Atividade	Área construída da edificação (m <sup>2</sup> )	Número mínimo de vagas
Serviço de atendimento hospitalar	<3.500	NL≤50 - 1 vaga para 1 leito NL<50≤200 - 1 vaga para 1,5 leito NL>200 - 1 vaga para 2 leito
	≥3.500	NL≤50 - 1 vaga para 1 leito NL<50≤200 - 1 vaga para 1,5 leito NL>200 - 1 vaga para 2 leito
Educação Superior	< 1.200	1 vaga p/ cada 75m <sup>2</sup> da AC
	1.200 < AC < 2.500	1 vaga p/ cada 50m <sup>2</sup> da AC
	≥ 2.500	1 vaga p/ cada 25m <sup>2</sup> da AC
Educação média, de formação geral, profissionalizante ou técnica e supletiva	< 2.500	1 vaga p/ cada 75m <sup>2</sup> da AC
	≥2.500	1 vaga p/ cada 50m <sup>2</sup> da AC
Educação pré-escolar e fundamental	≥ 2.500	1 vaga p/ cada sala de aula
Educação continuada ou permanente e aprendizagem profissional	≥ 1.500	1 vaga p/ cada 25m <sup>2</sup> da AC
Projeção de filme e de vídeo e outros serviços artísticos e de espetáculos	< 300 pessoas	1 vaga p/ cada 50m <sup>2</sup> da AC
	≥ 300 pessoas	1 vaga p/ cada 4 pessoas

Fonte: DISTRITO FEDERAL, 2001.

Em Florianópolis, o plano diretor da cidade, possui um anexo, que é integrante da Lei Complementar 482/2014 que mostra a quantidade mínima de vagas de estacionamento para cada tipo de estabelecimento (tabela 3). Em relação a cursos superiores o plano indica que deve ter 01 vaga para cada 15m<sup>2</sup> de área construída (FLORIANOPÓLIS, 2014).

Tabela 3– Anexo da lei complementar nº482/2014 (FLORIANOPÓLIS, 2014)

Creche, jardim de infância, pré-escolar, escolas de 1 <sup>a</sup> grau e escolas para excepcionais.	1 vaga p/ 50m <sup>2</sup> de área construída
	3 vagas p/ embarque e desembarque
Escolas de 2 <sup>a</sup> grau, escolas especiais e profissionalizantes.	1 vaga p/ 50m <sup>2</sup> de área construída com o mínimo de 5 vagas
Cursos superiores, supletivos, cursinhos.	1 vaga p/ 15m <sup>2</sup> de área construída
Salas públicas, bibliotecas.	1 vaga p/ 50m <sup>2</sup> de área construída
Centro de convenções, auditórios, cinemas, teatros.	1 vaga p/ 10m <sup>2</sup> de área construída

Fonte: FLORIANOPÓLIS, 2014.

Na cidade Goiânia, local onde ocorre o estudo de caso, a prefeitura sancionou a lei nº 8.617 em janeiro de 2008. Nela regulamenta-se o controle das atividades não residenciais e dos parâmetros urbanísticos de acordo com o plano diretor da cidade. Com isso, existe o quadro com o número de vagas de estacionamento para o funcionamento da atividade econômica específica (tabela 4). No que se refere a escolas de cursos superiores, a lei estabelece que para área ocupada (AO) com até 60m<sup>2</sup> não se faz necessário vagas de estacionamento. Já para AO entre 60m<sup>2</sup> e 540m<sup>2</sup>, deve-se ter no mínimo 01 vaga para cada 90m<sup>2</sup>. E para AO maiores que 540 m<sup>2</sup>, o mínimo de vagas é de 01 vaga para cada 60m<sup>2</sup> (GOIÂNIA, 2008).

Tabela 4 - Anexo IV da lei nº8.617 (GOIÂNIA, 2008)

Atividades econômicas	Área ocupada 0m <sup>2</sup> até 60m <sup>2</sup>	Área ocupada 61m <sup>2</sup> até 180m <sup>2</sup>	Área ocupada 181m <sup>2</sup> até 540m <sup>2</sup>	Área ocupada acima de 541m <sup>2</sup>
Edificação s/ uso definido com até 6 atividades/salas	Isento	1 vaga p/ cada 90m <sup>2</sup>	1 vaga p/ cada 60m <sup>2</sup>	1 vaga p/ cada 45m <sup>2</sup>
Edificação com mais de 6 atividades/salas diferentes	Isento	1 vaga p/ cada 60m <sup>2</sup>	2 vaga p/ cada 60m <sup>2</sup>	1 vaga p/ cada 45m <sup>2</sup>
Bares e outros estabelecimentos especializados em servir bebidas	Isento	1 vaga p/ cada 90m <sup>2</sup>	1 vaga p/ cada 60m <sup>2</sup>	1 vaga p/ cada 45m <sup>2</sup>
Educação infantil, creche, ensino fundamental, Ensino médio, idiomas, informática, dança, música, educação profissional de nível técnico.	Isento	1 vaga p/ cada 90m <sup>2</sup>	1 vaga p/ cada 90m <sup>2</sup>	1 vaga p/ cada 60m <sup>2</sup>
Comércio varejista de mercadorias em geral	Isento	1 vaga p/ cada 90m <sup>2</sup>	1 vaga p/ cada 60m <sup>2</sup>	1 vaga p/ cada 45m <sup>2</sup>

Fonte: GOIÂNIA, 2008.

Tendo esses números como parâmetro, e com a pesquisa de campo em mãos, poderá assim chegar a uma conclusão de que os números estabelecidos pela lei no plano diretor de cada cidade são plausíveis e poderia ser usado para o estudo de caso do trabalho em questão.

## 2.4 TEORIA DAS FILAS

Vivendo em sociedades como se vive hoje em dia nas cidades modernas, é provável que todos já tenham passado pela experiência de ficar em uma fila. Seja para comprar algum produto no supermercado, pegar um ônibus, sacar um dinheiro no banco e até para ir ao banheiro. O professor da Universidade Federal do Maranhão, Luciano Cajado explica as principais razões para a formação de filas.

As formações de filas ocorrem porque a procura pelo serviço é maior do que a capacidade do sistema de atender a esta procura. A razão pelo qual os gerentes dos estabelecimentos e o poder público não aumentam suas capacidades de atendimento podem ser resumidas basicamente por dois motivos: inviabilidade econômica e limitação de espaço (CAJADO, 2004).

A maior problemática das filas é a perda de tempo das pessoas. As filas geram um problema crescente na mobilidade urbana. Por isso, a Teoria das Filas tem sido adaptada ao

longo dos anos para a questão dos transportes e isso inclui os estacionamentos (CAJADO, 2004).

A teoria se baseia em algumas premissas para que se dê conta de dimensionar corretamente uma fila ideal para cada situação no dia-a-dia e antes de se fazer qualquer tipo de cálculo, deve-se definir claramente as premissas para a situação desejada.

#### **2.4.1 Clientes e tamanho da população**

A primeira premissa a se observar é a população que pode gerar novos clientes que aguardam por um serviço formando uma fila. Uma fila é infinita quando não se tem um limite máximo de clientes, como no caso de um ponto de ônibus. Porém quando se tem uma população preestabelecida, como é o caso de uma fila de funcionários em um refeitório de obra, a população finita (PRADO, 2014).

#### **2.4.2 Padrão de chegada dos clientes**

Essa premissa leva em conta o processo de chegada à fila. Deve-se conhecer o intervalo de chegada dos clientes, que é chamado de tempo de interchegada. Também é preciso saber se os clientes podem chegar de uma vez produzindo o que é conhecido como “batch” (CAJADO, 2004).

É necessário identificar também a taxa média de chegada ( $\lambda$ ) e o intervalo médio de chegadas (IC) bem como a origem dos dados, pois como os dados originais variam em torno da media interfere na caracterização de um processo de chegada que pode se aproximar de algum tipo de distribuição de frequências como a distribuição normal, a exponencial e a de Poisson (PRADO, 2014).

O padrão de chegada de alunos a uma faculdade tem suas especificidades. A primeira delas é que o período de aulas é dividido em turnos, matutino, vespertino e noturno. Apesar disso, é comum encontrar alunos que frequentam aulas em mais de um período, ou que dependendo do dia não vão à faculdade, seja por motivo de falta ou de grade. Todos esses fatores devem ser levados em consideração para poder se definir o padrão de chegadas ao estacionamento de uma faculdade.

### 2.4.3 Padrões de serviços

O padrão de serviço se refere a como o atendimento é feito. O tempo gasto de cada cliente para realizar o que desejava ao pegar a fila. Neste caso, o atendimento ao cliente pode, em algumas situações, depender do número de pessoas que estão na fila. Por exemplo, um atendente de caixa de supermercado pode tornar seu serviço mais ágil quando a fila está maior, ou se apavorar e tornar o serviço menos eficiente (CAJADO, 2004).

O processo de atendimento também é quantificado em valores médios e da mesma forma que o processo de chegada deve ser aproximado de uma distribuição probabilística. O ritmo médio de atendimento é representado pela letra grega  $\mu$  e o tempo médio de atendimento representado por TA (PRADO, 2014).

No caso de estacionamento de uma faculdade o serviço que se analisa é basicamente o tempo que cada veículo permanece estacionado. Este fato depende de inúmeras variáveis. A mais importante delas é a grade de horários do aluno, em quais horários naquele dia ele tem atividades na faculdade. Porém outros fatores podem influenciar, como por exemplo aproveitar a vaga de estacionamento na faculdade e ir trabalhar em algum local de fácil acesso sem necessariamente ter que utilizar o veículo próprio. Também existe a possibilidade do aluno ir a faculdade estudar e isso não necessariamente em horários ou dias que teria uma atividade.

### 2.4.4 Disciplina das filas

A disciplina das filas trata como os clientes que entram no sistema são atendidos. Existem quatro opções para isso. A mais comum de encontrar no dia-a-dia é a forma FIFO (*Firts-In-Fisrt-Out*) em que a primeira pessoa que chegou na fila é a primeira a ser atendida. Existe a forma FILO (*First-In-Last-Out*), que comum quando temos um controle de estoque de materiais não perecíveis em que os matérias que chegaram por último tem uma maior facilidade de acesso e por isso são consumidos primeiro.

Também existem as filas com prioridades, aquelas em que a prioridade é chamada de *preemptiva* funciona de forma que quando um cliente com prioridade chega ao sistema, quem está sendo atendido deixa de ser atendido e retorna quando o cliente com prioridade termina de ser atendido. Este caso de filas nos remete a assentos preferenciais em ônibus e

metrô. No caso de a fila ser preferencial e *não preemptiva*, o cliente com preferência ao chegar no sistema salta para o início da fila e é atendida quando o cliente anterior termina seu atendimento, assim como acontece nos bancos, lotéricas e vários outros estabelecimentos (CAJADO, 2004).

No caso do estacionamento de uma faculdade a disciplina das filas funciona do modo FIFO, já que as primeiras pessoas a chegarem são atendidas primeiras e na fila não há preferência para algumas pessoas, existem vagas preferenciais que não abastecem o sistema como um todo.

#### **2.4.5 Capacidade do sistema**

Essa premissa consiste em analisar o tamanho máximo que a fila pode atingir. Em algumas situações o espaço físico limita o tamanho da fila. Dessa forma até que alguém seja atendido não cabe ninguém mais na fila (CAJADO, 2004).

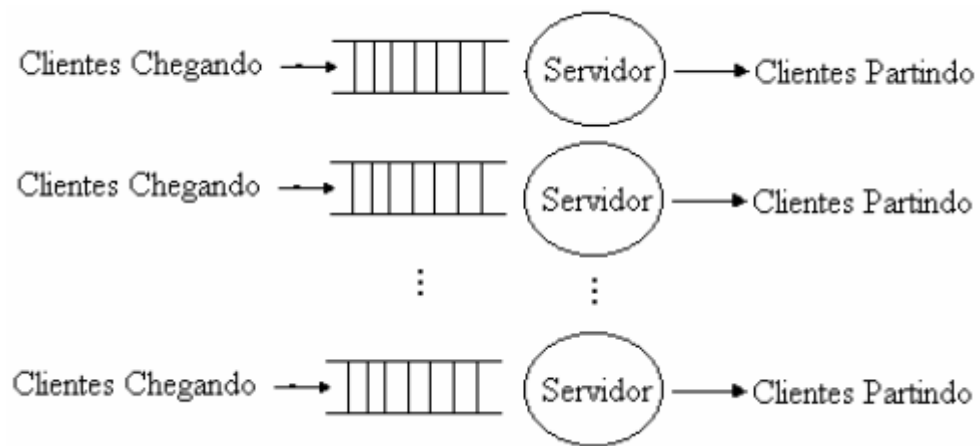
No caso do estacionamento de uma faculdade será adotada a forma ideal, onde não existira formação de filas. Dessa forma, o tempo médio de espera e o tamanho médio das filas serão considerados zero.

#### **2.4.6 Número de canais de serviço**

O número de canais de serviço é definido pela quantidade de estações de atendimento aos clientes simultaneamente. Os sistemas que possuem mais de um canal de atendimento são chamados de multicanais (CAJADO, 2004).

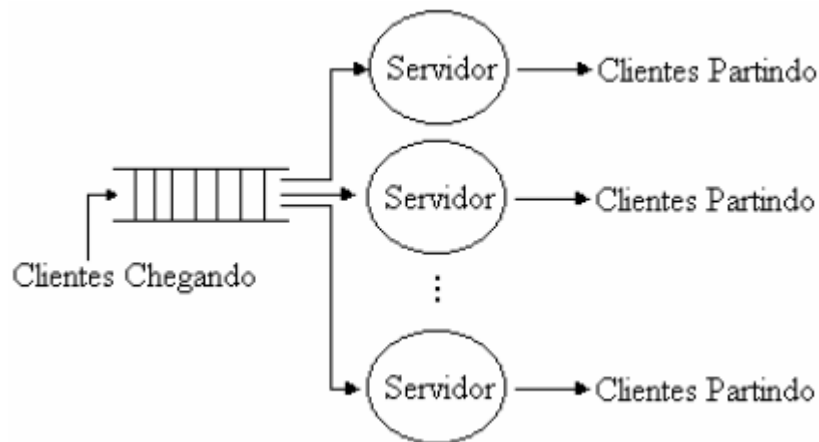
Dessa forma esses sistemas ainda podem apresentar algumas diferenças, como no fato de possuir uma fila para cada estação de atendimento, como mostrado na figura 2, - sistema multicanal com fila individual – ou uma fila única, como mostrado na figura 3, - sistema multicanal com fila única.

Figura 2 - Sistema multicanal com fila individual



Fonte: CAJADO, 2004.

Figura 3 - Sistema multicanal com fila única



Fonte: CAJADO, 2004.

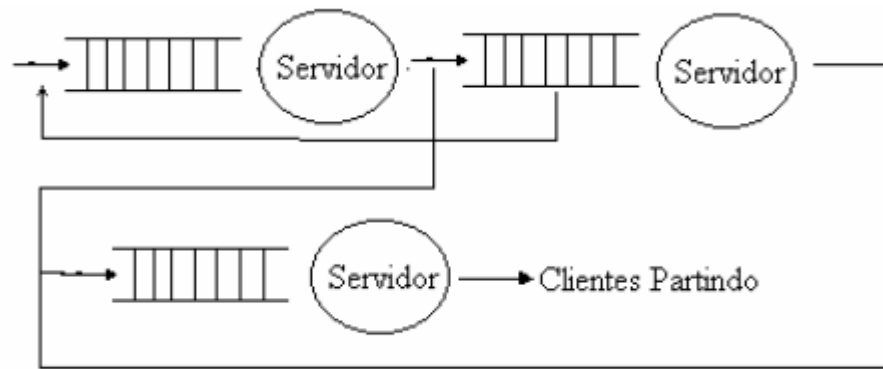
Dessa maneira podemos dizer que no caso de um estacionamento de faculdade temos o caso de sistema multicanal com fila única.

#### 2.4.7 Estágios de serviços

Nessa premissa é avaliado se o sistema é composto por várias etapas de atendimento, como mostrado na figura 4, com formação de novas filas em cada etapa e ainda se existe a possibilidade de retorno a outras etapas anteriores (CAJADO, 2004).

Figura 4 - Sistema de filas multi-estágio com retorno





Fonte: CAJADO, 2004.

No caso dos estacionamentos de faculdade existe apenas uma etapa de atendimento e por isso é considerado um sistema de filas de estágio único.

#### 2.4.8 Os processos de chegada e de atendimento

Quando trabalha-se com dados, deve-se valer da Estatística para analisar corretamente, pois não se deseja descobrir apenas o valor máximo, mínimo e médio, mas também como os valores se distribuem ao redor da média.

Para analisar o processo de chegada, é necessário dentro de uma análise descobrir a “frequência relativa” e a “frequência absoluta”, para se ter os dados estatísticos da chegada de acordo com um intervalo de tempo. (PRADO, 2014)

Uma outra distribuição utilizada, é a de Poisson, que através da fórmula (1) descobre-se a probabilidade de ocorrer uma certa quantidade de chegadas em um intervalo de tempo. (PRADO, 2014)

$$f(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad (1)$$

Sendo  $f(x)$  a frequência relativa,  $\lambda$  o ritmo de chegada e  $x$  o tempo.

Outra distribuição para analisar o ritmo de chegadas é a distribuição exponencial negativa, ela é correspondente a distribuição de Poisson quando refere-se a intervalos entre chegadas. A distribuição estatística que mais se aproxima dos dados reais é a distribuição exponencial negativa. Sua fórmula matemática é:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (2)$$

Sendo  $f(x)$  a função densidade,  $\lambda$  o ritmo de chegada e  $x$  o tempo.

O processo de chegada geralmente segue a distribuição de Poisson para ritmos ou a distribuição exponencial negativa para intervalos entre chegadas. O processo de atendimento raramente segue uma das duas distribuições. (PRADO, 2014)

#### **2.4.9 Modelo das filas**

De uma maneira geral, um modelo de filas pode ser descrito pela seguinte notação, A/B/c/K/m/Z, sendo que:

- A descreve a distribuição dos intervalos entre chegadas;
- B descreve a distribuição do tempo de serviços;
- c é a capacidade de atendimento ou a quantidade de atendentes;
- K é a capacidade máxima do sistema;
- m é o tamanho da população que fornece clientes;
- Z é a disciplina da fila.

Essa é a notação de Kendall. (PRADO, 2014).

#### **2.4.10 O Modelo M/M/1**

O modelo M/M/1 é o modelo que segue a distribuição de Poisson ou a exponencial negativa e têm-se um único atendente. Pode-se analisar de acordo com a população sendo infinita ou finita. (PRADO, 2014)

Para a população infinita têm-se as seguintes fórmulas (tabela 5):

Tabela 5– Equações para a população infinita (PRADO, 2014)

NF	Número médio de clientes na fila	$NF = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
NS	Número médio de clientes no sistema	$NS = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$
TF	Tempo médio durante o qual o cliente fica no sistema	$TF = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$
TS	Tempo médio durante o qual o cliente fica no sistema	$TS = \frac{1}{\mu - \lambda}$
$P_n$	Probabilidade de haver n clientes no sistema	$P_n = (1 - \frac{\lambda}{\mu}) (\frac{\lambda}{\mu})^n$

Fonte: PRADO, 2014.

A taxa de utilização ( $\rho$ ) é a relação entre o ritmo média de chegada ( $\lambda$ ) e o ritmo médio de atendimento ( $\mu$ ): (PRADO, 2014)

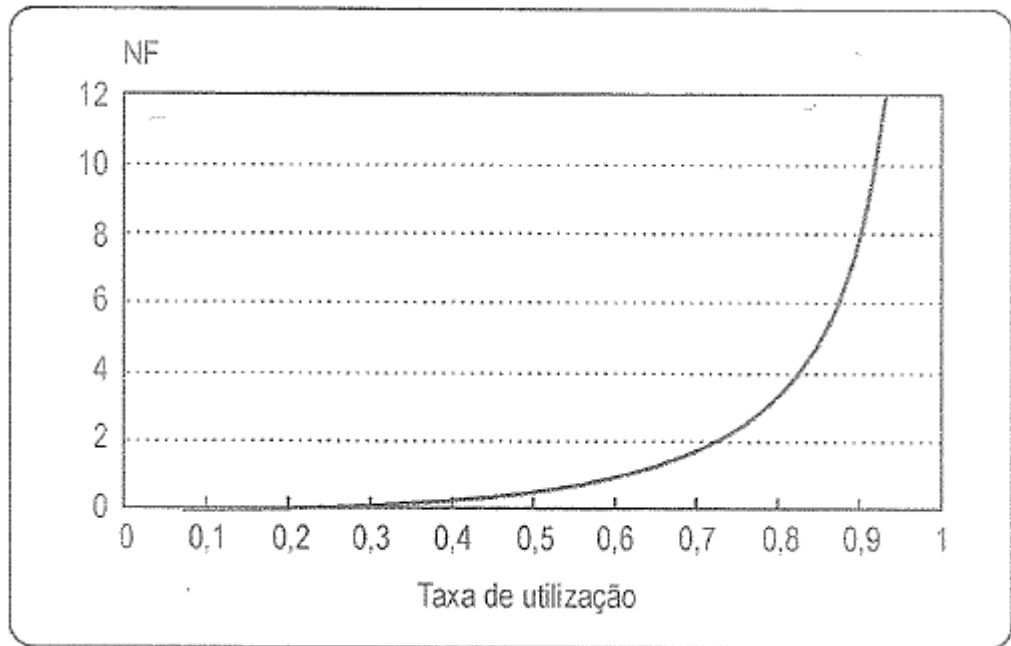
$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3)$$

Tendo em vista a equação do número médio de pessoas na fila:

$$NF = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \quad (4)$$

O valor da taxa de utilização sempre tem que ser menor que 1, pois se não a fila irá se tornar infinita, e o objetivo de aplicar a teoria é fazer com que não ocorram filas. Conforme a taxa de utilização vai crescendo, o número de pessoas na fila cresce exponencialmente (Figura 5). Quando isso ocorrer basta dobrar a capacidade de atendimento. (PRADO, 2014)

Figura 5 – Curva da taxa de utilização



Fonte: PRADO, 2014.

A tabela 6 mostra as equações para a quantidade finita de população, sendo a quantidade da população definida pela letra “k”:

Tabela 6– Equações para população finita (PRADO, 2014)

Nome	Descrição	Fórmula
NF	Número médio de clientes na fila	$NF = K - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} + (1 - P_0) + \frac{\lambda}{\mu}$
NS	Número médio de clientes no sistema	$NS = K - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} + (1 - P_0) + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda}{\mu}$
TF	Tempo médio durante o qual o cliente fica na fila	$TF = \frac{K}{\lambda} - \frac{(\lambda + \mu) \times (1 - P_0)}{\lambda^2}$
TS	Tempo médio durante o qual o cliente fica no sistema	$TS = \frac{K}{\lambda} - \frac{(\lambda + \mu) \times (1 - P_0)}{\lambda^2} + \frac{1}{\mu}$
$P_n$	Probabilidade de haver n clientes no sistema	$P_n = \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^{K-n}}{(K-n) \times \sum_{j=0}^k \frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)^j}{j!}}$

Fonte: PRADO, 2014.

### 2.4.11 Modelo M/M/c

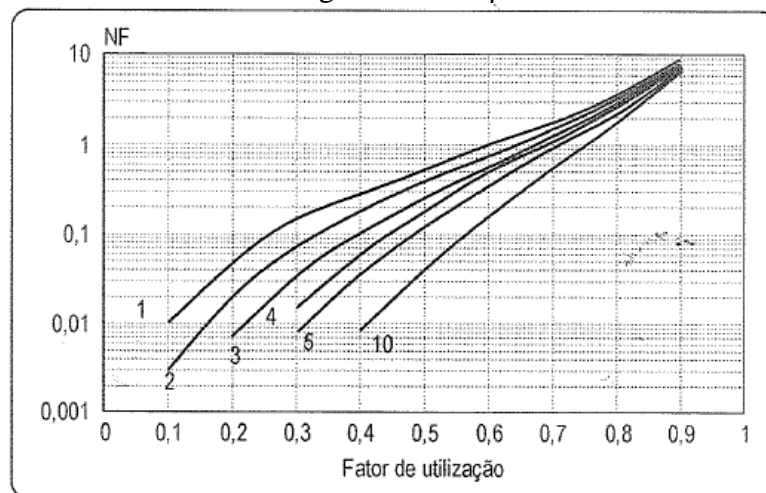
O modelo M/M/c ocorre com uma única fila e diversos servidores, onde o ritmo de chegada e o atendimento seguem a distribuição de Poisson ou exponencial negativa.

As seguintes definições podem ser utilizadas nesse modelo:

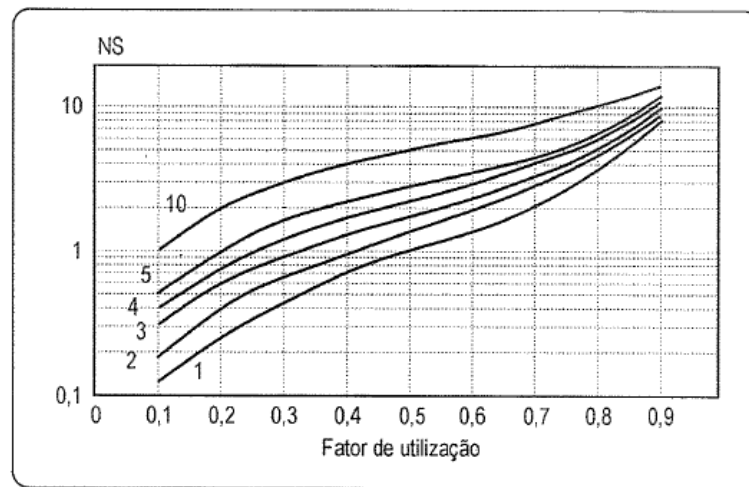
- $\lambda$  = Ritmo de chegada;
- IC = Intervalo médio entre chegada;
- TA = Tempo médio de atendimento ou de serviço de cada atendente;
- $\mu$  = Ritmo médio de atendimento de cada atendente;
- $c$  = capacidade de atendimento ou quantidade de atendentes.

No caso de populações infinitas, pelo modelo M/M/c ter fórmulas muito complexas, é feito o uso de gráficos na análise. Os gráficos (figura 6 e figura 7) para se obter o número médio de clientes na fila (NF) e o número médio de pessoas no sistema (NS) estão em função do fator de utilização ( $\rho = \lambda/c\mu$ ), onde a ordenada se encontra em escala logarítmica.

Figura 6–NF x  $\rho$



Fonte: PRADO, 2014.

Figura 7–NS x  $\rho$ 

Fonte: PRADO, 2014.

Em ambos os gráficos quando  $\rho$  tende a 1, a ordenada tende ao infinito, para que se reduza NF e NS deve-se dobrar a capacidade de atendimento.

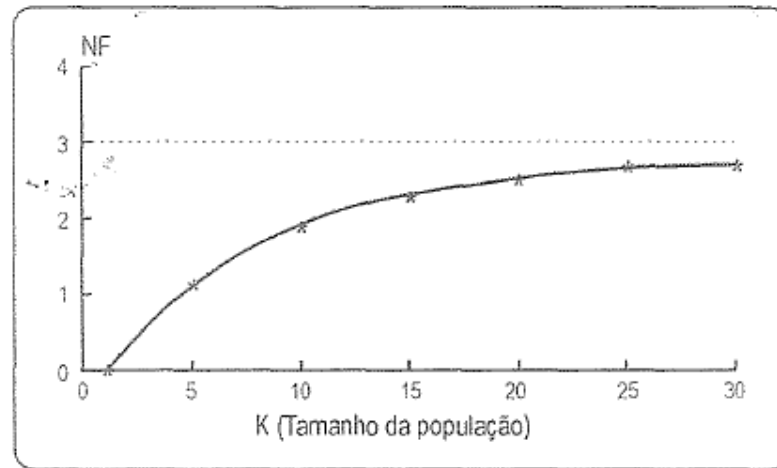
Depois de conseguir os valores de NF e NS pelo gráfico é possível obter tempo médio de permanência na fila (TF) e tempo médio de permanência no sistema (TS) pelas fórmulas de Little:

$$TF = NF/\lambda \quad (5)$$

$$TS = NS/\lambda \quad (6)$$

No caso para populações finitas, utiliza-se o modelo M/M/c/K onde é possível obter o NF a partir do gráfico NF x K (figura 8).

Figura 8–NF x K



Fonte: PRADO, 2014.

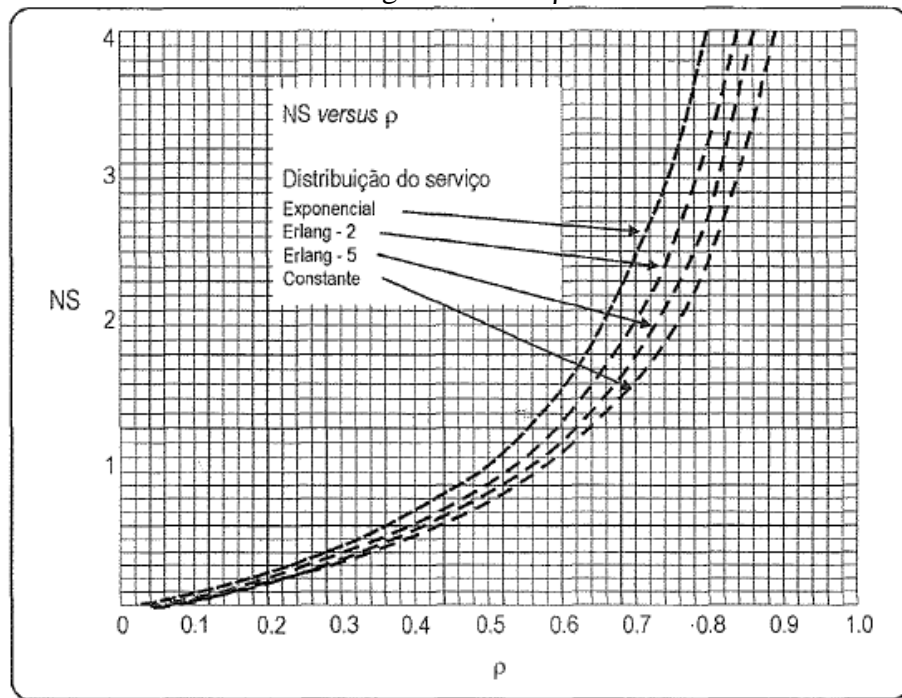
Pode-se concluir a partir dos modelos M/M/1 e M/M/C, que quando  $\rho$  tende para 1, o tamanho da fila tende para infinito, e que com a simples duplicação da capacidade de atendimento, é possível fazer com que essa fila diminua substancialmente. A capacidade de atendimento fica mais eficiente com a centralização do serviço e com o uso de fila única.

#### 2.4.12 Modelo Erlang (M/Em/c)

O modelo Erlang (M/Em/c) é considerado um modelo que apresenta melhores resultados no dimensionamento de filas em relação aos outros modelos vistos.

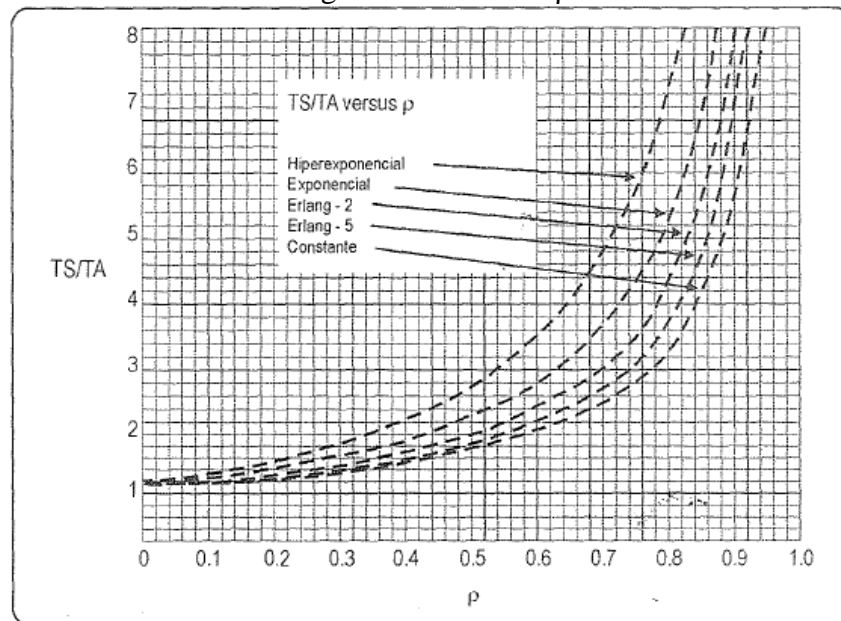
O gráfico NS x  $\rho$  (figura 9) fornece praticamente os mesmos valores dos outros modelos quando  $\rho$  é pequeno, na medida em que se aumenta o valor de  $\rho$ , a distribuição exponencial vai possuindo valores maiores e diferentes do que os valores de Erlang. O mesmo irá acontecer no gráfico TS/TA x  $\rho$  (figura 10). Esses gráficos se referem a um único atendente. No caso de vários atendentes (figura 11), o comportamento do gráfico será o mesmo, possuindo valores menores do que se fosse uma distribuição exponencial.

Figura 9–NS x  $\rho$



Fonte: PRADO, 2014.

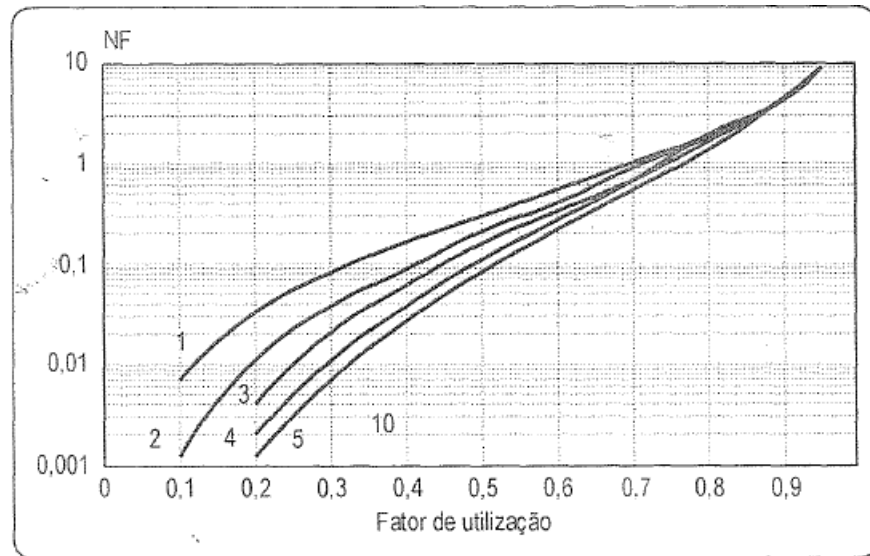
Figura 10–TS/TA x  $\rho$



Fonte: PRADO, 2014.



Figura 11 – NF x  $\rho$



Fonte: PRADO, 2014.

### CAPITULO III – METODOLOGIA DE ESTUDO

No capítulo anterior foi realizada a revisão bibliográfica, com um estudo das teorias que podem ser utilizadas para o caso em questão. Nesse capítulo será mostrado à escolha de qual teoria se encaixa melhor no problema do trabalho. E a partir disso será feito uma demonstração de como será aplicado em campo a teoria.

#### 3.1. DEFINIÇÃO DO MÉTODO A SER UTILIZADO

Analisando os modelos apresentados, M/M/1, M/M/c e Erlang, e os objetivos finais deste estudo é possível definir, como o de melhores resultados os obtidos, o modelo M/M/c. Isso porque ele é o modelo que dá a resposta direta do problema, a partir dos dados obtidos em pesquisas.

O resultado apresentado por esse modelo através da Equação 7:

$$NA = \frac{\lambda}{\mu} \quad (7)$$

NA é o número de atendentes necessários. Para o estudo de caso NA será a quantidade de vagas para atender a demanda. Na fórmula acima, temos:

- $\lambda$  = Ritmo médio de chegada dos clientes ( $\lambda = 1/IC$ );
- $\mu$  = Ritmo médio de atendimento de cada atendente ( $\mu = 1/T_A$ ).

A partir desse método ainda é possível analisar a taxa de utilização ( $\rho$ ) que se refere a fração média do tempo em que cada vaga está ocupada. O  $\rho$  deve estar entre 0 e 1 para o sistema funcionar, se ele for maior que 1 significa que a fila em questão irá aumentar infinitamente.

$$\rho = \frac{\lambda}{NA \cdot \mu} \quad (8)$$

### 3.2 CÁLCULO AMOSTRAL

Para utilização do método escolhido será necessário a aplicação de um questionário para os alunos (Anexo 1), para que assim possa saber o horário crítico do estacionamento. Para começar a aplicação do questionário é necessário obter, primeiramente, o número de entrevistados para se ter um respaldo e confiança para a pesquisa. Com isso, alguns parâmetros serão necessários para calcular o tamanho da amostra (SANTOS, 2015). Eles são:

- Erro amostral ( $e$ ) - é a diferença entre o valor estimado pela pesquisa e o verdadeiro valor. Esse valor costuma ser escolhido pelo pesquisador, e em geral é definido em 5%, que será o valor utilizado nesse trabalho, visto que é um valor razoável para pesquisas desse tipo (SANTOS 2015).
- Nível de confiança ( $Z$ ) – é a probabilidade de que o erro amostral efetivo seja menor que o erro amostral da pesquisa. Logo no caso desse trabalho, o nível de confiança será a probabilidade de que o erro da pesquisa não ultrapasse 5%. Sendo que nesse trabalho o nível de confiança de 95% (SANTOS 2015).
- População ( $N$ ) – É o número de elementos que existem no universo como um todo. No caso desse trabalho é o total de alunos da Escola de Engenharia da UFG (SANTOS 2015).
- Percentual Máximo ou mínimo ( $p$ ) – Se houver alguma informação que indique que percentual não passará de certo valor, ou seja, o número de pessoas que vai com veículo próprio para a faculdade não passará de 30% por exemplo, os valores são sempre menores que 50%. No caso do percentual mínimo a explicação é parecida do percentual máximo, porém a informação tem que indicar um percentual que indique que a certeza de que a pesquisa irá ultrapassar esse valor, esses valores são sempre maiores que 50%. Nesse trabalho, não há informações de percentual mínimo ou máximo, logo “ $p$ ” será igual a 50% (SANTOS 2015).

Tendo esses parâmetros em mãos, é possível conseguir o valor da amostra ( $n$ ) utilizando a seguinte fórmula (SANTOS 2015):

$$n = \frac{N \times Z \times p \times (1 - p)}{Z^2 \times p \times (1 - p) + e^2 \times (N - 1)} \quad (9)$$

### 3.3 APLICAÇÃO DA TEORIA

Com o resultado do horário de pico em mãos, será feito uma coleta de dados para conseguir os fatores que irão ajudar nos cálculos, com base na teoria escolhida.

Para coleta desses dados será feito a anotação da entrada e saída dos veículos no estacionamento da Escola de Engenharia no horário de pico. Esses valores serão coletados nesse horário e dia durante duas semanas. Com isso, será possível obter o ritmo médio de chegada dos carros por minuto ( $\lambda$ ) que entram na Escola no período estabelecido e também o ritmo médio de atendimento dos carros ( $\mu$ ). Esses valores servirão de base para os cálculos estabelecidos pela teoria M/M/c.

Os cálculos são feitos da seguinte maneira:

Primeiramente é calculado o ritmo médio de chegada, através da equação 10:

$$\lambda = \frac{\text{número total de carros}}{\text{intervalo máximo de atendimento}} \quad (10)$$

No caso o número total de alunos é a somatória de todos os alunos que ocuparam vaga nesse período da pesquisa, e o intervalo máximo de atendimento para a nossa pesquisa foi de 200 minutos.

Feito isso, calcula-se o ritmo médio de atendimento ( $\mu$ ) de cada atendente, que por definição é calculado pela equação 11:

$$\mu = \frac{1}{TA} \quad (11)$$

Com esses dados calculados, calcula-se o número de atendentes (NA), que no nosso caso é o número de vagas necessárias pela fórmula:

$$NA = \frac{\lambda}{\mu} \quad (7)$$

Agora calcula-se a taxa de utilização ( $\rho$ ) para as vagas oficiais ( $\rho_0$ ) e totais ( $\rho_T$ ).

$$\rho_0 = \frac{\lambda}{co.\mu} \quad (12)$$

$$\rho_T = \frac{\lambda}{ct.\mu} \quad (13)$$

## **CAPÍTULO IV – ESTUDO DO ESTACIONAMENTO DA ESCOLA DE ENGENHARIA - UFG**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA DE ENGENHARIA**

A escola de engenharia foi reconhecida em 1958 e oferecia apenas o curso de Engenharia Civil, na época o nome da Escola era “Escola de Engenharia do Brasil Central”. Essa escola foi reconhecida no decreto nº 45.138-A, o qual concedia o reconhecimento do curso de Engenharia Civil na Escola de Engenharia do Brasil Central, com sede em Goiânia e mantida pelo Governo do Estado de Goiás. Esse decreto foi assinado pelo então presidente Juscelino Kubitschek. A primeira turma de Engenharia Civil com 18 alunos concluiu o curso em dezembro de 1959 (EEC, 2015).

A Universidade Federal de Goiás foi criada no dia 14 de dezembro de 1960, reunindo as 5 maiores escolas existentes na época na cidade de Goiânia: a Faculdade de Direito, a Faculdade de Farmácia e Odontologia, a Escola de Engenharia, o Conservatório de Música e a Faculdade de Medicina (UFG, 2014).

Posteriormente com a criação da Universidade Federal de Goiás, foi implantado em 1964 o curso de Engenharia Elétrica, que foi reconhecido no decreto nº 67.032 e foi assinada pelo então presidente na época Emílio Médici. Esse decreto foi assinado no dia 10 de agosto de 1970 (EMC, 2014).

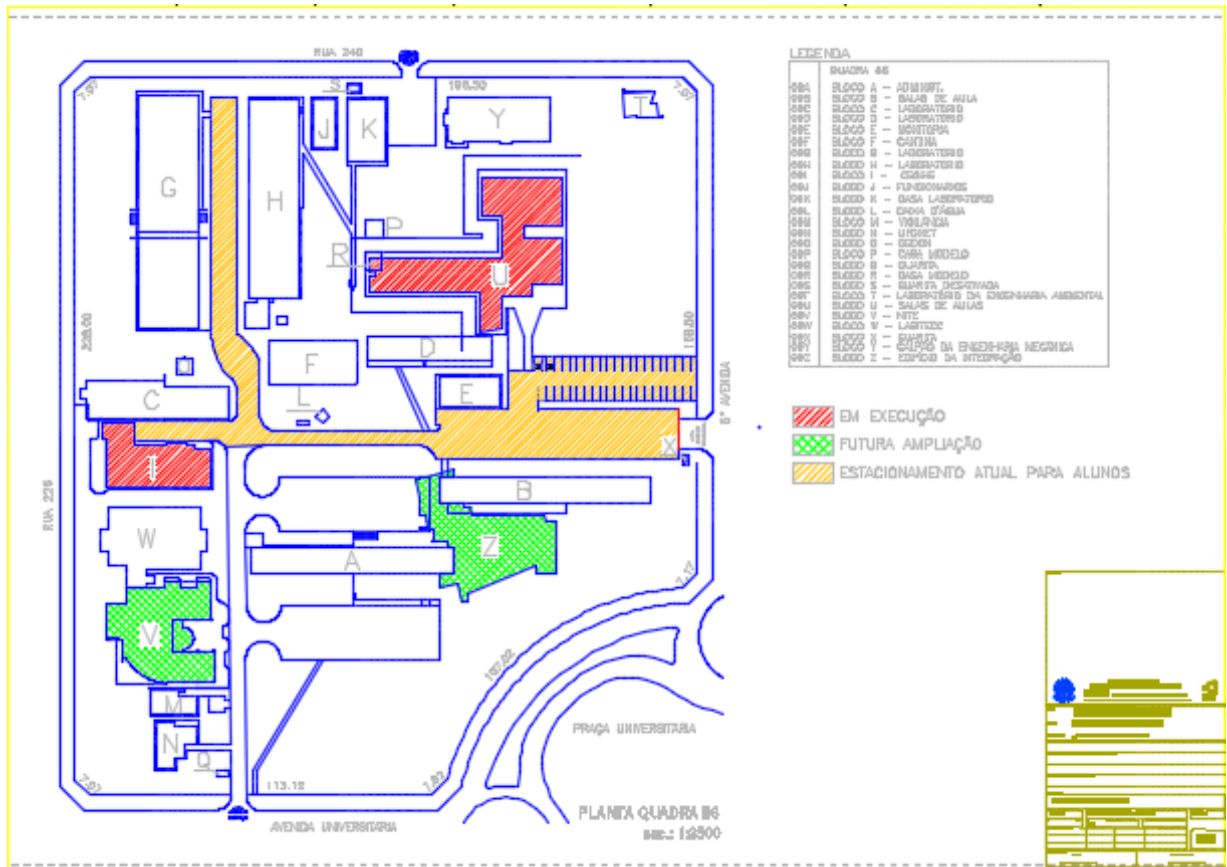
No ano de 1991 a Escola de Engenharia foi desdobrada em Escola de Engenharia Civil (EEC) e Escola de Engenharia Elétrica (EEE), ambas situadas na praça universitária, no campus Colemar Natal e Silva (EEC, 2015).

Em 1998 surgiram na Escola de Engenharia Elétrica o curso noturno de Engenharia da Computação e o curso de mestrado desses dois cursos. Com a inserção desse novo curso, a EEE passou a se chamar Escola de Engenharia Elétrica e de Computação (EEEC), que passou a ser reconhecido pela UFG em 2003 (EMC, 2014).

Aproveitando-se do REUNI, em 2009 a EEEEC passou a ofertar o curso de Engenharia da Computação no período matutino também, e no mesmo ano passou a ofertar o curso de Engenharia Mecânica. Sendo assim, em 2012 a EEEEC mudou novamente seu nome e

passou a se chamar Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC, 2014). O curso de Engenharia Ambiental também é ofertado na Escola, inaugurou-se no ano de 2009 e se uniu a Escola de Engenharia Civil (EEC, 2015). A Figura 13 mostra a planta da Escola de Engenharia nos dias atuais, destacado de laranja a área que é destinada ao estacionamento de alunos.

Figura 12 – Mapa atual da Escola de Engenharia



Fonte: CEGEF, 2015.

Os cursos que são ofertados hoje na Escola de Engenharia são a graduação de Engenharia Civil, Elétrica, Computação, Mecânica e Ambiental. Também é ofertado no mesmo espaço físico o curso de Mestrado de Engenharia Civil, Elétrica e da Computação.

Além dos prédios já existentes para suportar tais cursos, foi construído um novo prédio com a intenção de ampliar os espaços da escola, porém, foi feita apenas uma pequena ampliação no espaço destinado a estacionamento para os alunos, o que pode gerar um problema, visto que apenas com os alunos que existem hoje na faculdade, o estacionamento já está sendo um problema visível.

Segue a seguir a Tabela 7 com o histórico do número de alunos na faculdade de cada curso, a partir de 2009, e a Tabela 8 com o número atual de vagas para carros.

Tabela 7 – Histórico da quantidade de alunos na Escola de Engenharia

	Engenharia Civil	Engenharia Elétrica	Engenharia Mecânica	Engenharia Ambiental	Engenharia da Computação	Total
2009/1	399	326	39	45	81	<b>890</b>
2009/2	402	354	36	44	78	<b>914</b>
2010/1	416	370	73	87	117	<b>1063</b>
2010/2	417	377	70	86	140	<b>1090</b>
2011/1	423	378	113	126	177	<b>1217</b>
2011/2	416	394	106	121	198	<b>1235</b>
2012/1	429	391	144	164	225	<b>1353</b>
2012/2	422	387	135	158	239	<b>1341</b>
2013/1	430	404	178	206	277	<b>1495</b>
2013/2	460	405	161	196	308	<b>1530</b>
2014/1	466	398	193	217	327	<b>1601</b>
2014/2	440	378	180	192	333	<b>1523</b>
2015/1	492	402	213	244	368	<b>1719</b>

Fonte: EEC, 2015; EMC, 2015.

Tabela 8 – Contagem de vagas do estacionamento atual de alunos

Número de vagas		( $\rho O$ )/( $\rho T$ )
Vagas oficiais ( $\rho O$ )	112	61,88%
Vagas totais ( $\rho T$ )	181	
PNE	6	

As vagas oficiais ( $\rho O$ ) são as indicadas no chão do estacionamento, ou seja, marcadas com as devidas dimensões. Além dessas vagas oficiais ( $\rho O$ ), existem os locais que não estão marcados no chão do estacionamento, mas são utilizados como vagas pelos alunos. Assim as vagas totais ( $\rho T$ ) serão a soma dessas vagas com as vagas oficiais ( $\rho O$ ). E por fim as vagas para os portadores de necessidades especiais (PNE)



## 4.2 TRATAMENTO DE DADOS

### 4.2.1 Cálculo do espaço amostral

O cálculo do espaço amostral para se determinar a quantidade de alunos a serem entrevistados pode ser feito a partir do número total de alunos da Escola de Engenharia que define a população (N) em 1719 alunos. O erro (e) de 5%, o nível de confiança (Z) de 95% e os limites máximo e mínimos de 50% como anteriormente definimos é possível calcular o espaço amostral (n):

$$n = \frac{N \times Z \times p \times (1 - p)}{Z^2 \times p \times (1 - p) + e^2 \times (N - 1)} \quad (9)$$

A amostra (n) para o trabalho em questão será de 315 alunos.

### 4.2.2 Resultados do Questionário

Com o número de alunos definido pelo cálculo amostral, foi realizado a pesquisa em sala de aula definindo os resultados necessários para a aplicação da teoria.

O resultado para o horário e dia crítico do estacionamento foi de que na terça, no período das 13:00 – 15:00, há o maior movimento de veículos. A tabela 9 com o quantitativo de alunos com carro particular que vão para faculdade em cada dia e faixa de horário se encontra abaixo:

Tabela 9 – Frequência de alunos com carro particular na faculdade

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
07:00 – 09:00	60	64	56	45	49	7
09:00 – 11:00	79	64	80	43	50	7
11:00 – 13:00	72	66	69	48	37	4
13:00 – 15:00	71	<b>106</b>	64	99	67	0
15:00 – 17:00	69	82	71	72	54	0
17:00 – 19:00	44	64	48	65	39	0
19:00 – 21:00	12	12	16	14	9	0
21:00 – 23:00	3	1	4	5	4	0

### 4.2.3 Cálculo do número de vagas e taxa de utilização

A partir dos dados obtidos na pesquisa realizada em campo, têm-se condições através do método M/M/c, que foi o escolhido, realizar o dimensionamento do estacionamento para alunos da escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

O período de pico que foi definido de acordo com as pesquisas realizadas em sala de aula foi na primeira aula do período vespertino de terça-feira, portanto a pesquisa de campo foi realizada nos dois primeiros horários desse período.

Foi contado de minuto em minuto quantos alunos entravam e saíam da escola, para obter assim o ritmo de entrada e de saída dos veículos, para que no final de tudo pudesse contar e tratar os dados de acordo com o modelo M/M/c.

Primeiramente foram decididos os intervalos de tempo que cada aluno fica na faculdade, que seria o tempo de atendimento, que de acordo com a pesquisa que foi feita no intervalo de duas aulas, o aluno terá um intervalo de atendimento de 100 minutos (equivalente a uma aula), ou 200 minutos (equivalente a duas aulas). Através desse dado, é feita uma média ponderada para descobrir qual é o tempo médio de atendimento (TA) para cada aluno.

Com os dados coletados, foi dividido os alunos que ocupam vagas no estacionamento apenas na 1ª aula, ou apenas na 2ª aula ou nas duas aulas.

A primeira aula do período vespertino inicia-se 13:10 e termina as 14:50, portanto foi considerado o aluno que ocupa vaga apenas na primeira aula, aquele que sai com o carro da faculdade entre 13:20 e 15:20. Foi considerado o intervalo a partir de 13:20, pois pode ser que aconteça algum imprevisto e o aluno tenha que ir embora mais cedo, ou o aluno apenas respondeu a chamada, e o intervalo foi até as 15:20 pois a aula termina as 14:50, portanto foi dado um prazo para que o aluno saia da faculdade.

A segunda aula do período vespertino inicia-se as 15:10 e termina as 16:50, com isso, considerou-se o aluno que ocupa vaga apenas na segunda aula aquele que entra com o carro na faculdade entre 13:50 e 15:20. Foi considerado o início do intervalo as 13:50, pois já está praticamente na metade da primeira aula, portanto não faz muito sentido esse aluno que chegou esse horário assistir a primeira aula, logo considera-se que ele chegou mais cedo para

assistir a segunda aula. O intervalo foi até as 15:20 pois considerou um tempo de tolerância para o atraso do aluno, já que a aula se inicia as 15:10.

Foram considerados os alunos que ocupam vaga no estacionamento na primeira e na segunda aula o número de alunos total que entrou na faculdade até as 15:20, menos os que assistiram apenas a primeira aula, menos os que assistiram apenas a segunda aula.

Em seguida é descoberto o ritmo médio de chegada dos alunos ( $\lambda$ ), que é calculada pela fórmula 10:

$$\lambda = \frac{\text{número total de carros}}{\text{intervalo máximo de atendimento}} \quad (10)$$

No caso o número total de alunos é a somatória de todos os alunos que ocuparam vaga nesse período da pesquisa, e o intervalo máximo de atendimento para a nossa pesquisa foi de 200 minutos.

Feito isso, calcula-se o ritmo médio de atendimento ( $\mu$ ) de cada atendente, que por definição é calculado pela equação 11:

$$\mu = \frac{1}{TA} \quad (11)$$

Com esses dados calculados, calcula-se o número de atendentes (NA), que no nosso caso é o número de vagas necessárias pela fórmula:

$$NA = \frac{\lambda}{\mu} \quad (7)$$

Agora calcula-se a taxa de utilização ( $\rho$ ) para as vagas oficiais ( $\rho_0$ ) e totais ( $\rho_T$ ).

$$\rho_0 = \frac{\lambda}{co. \mu} \quad (12)$$

$$\rho_T = \frac{\lambda}{ct. \mu} \quad (13)$$

As tabelas abaixo mostram os dados obtidos nas pesquisas de campo realizadas. Cada quadrado representa a quantidade de carros que chegaram ou saíram a cada minuto da escola:

4.2.3.1 Primeiro dia de pesquisa de campo

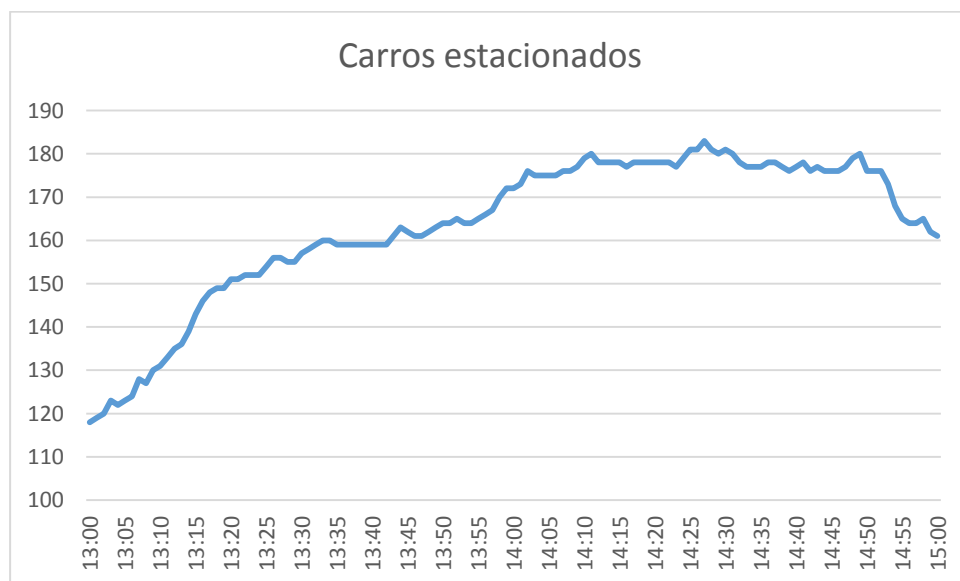
Tabela 10 – Ritmo médio de chegada

119	1	3	1	2	2	4	1	3	1	2	2	1	3	4
3	3	1	0	2	1	1	1	1	2	2	1	0	0	2
1	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0
0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	2	1	3	2	2
1	3	0	0	1	0	1	1	2	2	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	2	2	1	3	0	0	1
0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	0	1	0	0
1	1	2	1	1	1	0	1	0	0	1	1	2	0	0
0	1	1	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0
2	1	1	1	0										

Tabela 11 – Ritmo médio de saída

0	0	0	2	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
0	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	2	1	0
1	2	1	0	0	0	1	2	1	1	1	2	0	1	0
1	0	0	0	5	1	0	4	5	3	2	1	1	3	1
3	1	2	0	0	1	0	0	2	0	0	3	0	0	1
0	0	0	0	1										

Figura 13 – Gráfico da quantidade de carros no estacionamento



À partir desses dados descobre-se que:

- 85 alunos ocuparam vagas apenas na primeira aula (100 minutos);
- 69 alunos ocuparam vagas apenas na segunda aula (100 minutos);
- 98 alunos ocuparam vagas nas duas aulas (200 minutos).

A média ponderada para encontrarmos o tempo médio de atendimento (TA) é 138,88 minutos/aluno.

Calcula-se agora o ritmo médio de chegadas ( $\lambda$ ) dos alunos:

$$\lambda = \frac{\text{número total de carros}}{\text{intervalo máximo de atendimento}} = \frac{(85 + 69 + 98)}{200} = 1,26 \quad (10)$$

Em seguida foi calculado o ritmo médio de atendimento:

$$\mu = \frac{1}{\text{TA}} = \frac{1}{138,88} = 0,0072 \quad (11)$$

Com esses valores, calcula-se o número de vagas necessárias para atender a demanda:

$$NA = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1,26}{0,0072} = 175,00 \quad (7)$$

Para esse dia de pesquisa são necessárias 175 vagas para atender a demanda da faculdade. Agora podemos calcular a taxa de utilização ( $\rho$ ), que é a relação entre o  $\lambda$  pelo  $c \cdot \mu$ . Para sistemas estáveis o  $\rho$  deve ser menor 1, isso significa que o número de vagas serão suficientes e não ocorrerá filas. Mas se  $\rho$  for maior ou igual a 1 significa que o número de vagas não irá suprir a necessidade e que a fila irá crescer infinitamente (PRADO, 2014). Sabendo disso será calculada a taxa de utilização para as vagas oficiais ( $\rho_0$ ) e para totais ( $\rho_T$ ).

$$\rho_0 = \frac{\lambda}{co. \mu} = \frac{1,26}{112.0,0072} = 1,56 \text{ NÃO OK} \quad (12)$$

$$\rho_T = \frac{\lambda}{ct. \mu} = \frac{1,26}{181.0,0072} = 0,966 \text{ OK} \quad (13)$$

4.2.3.2 Segundo dia de pesquisa de campo

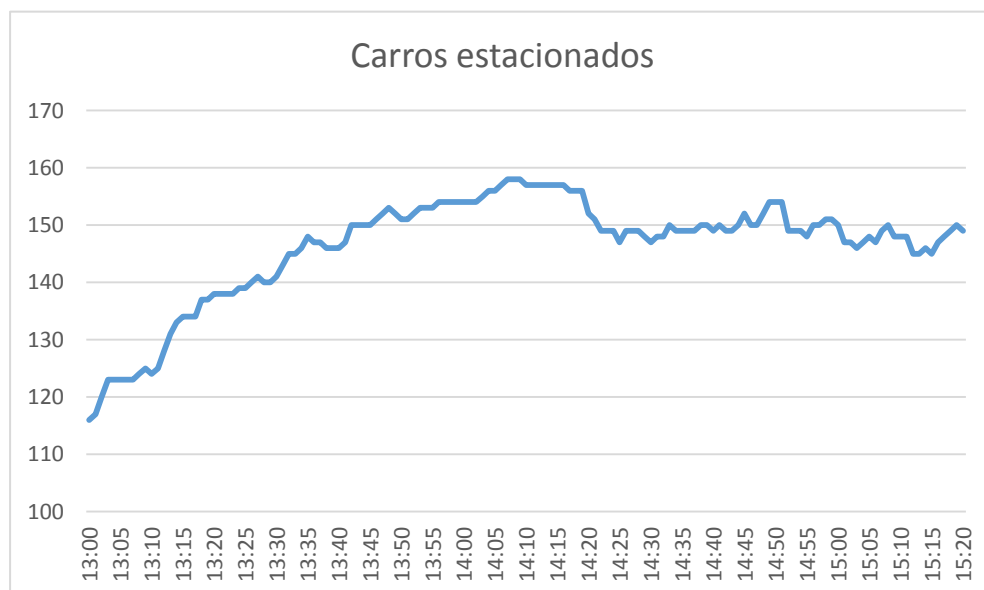
Tabela 12 – Ritmo médio de chegada

118	4	3	1	0	0	1	1	2	0	2	5	3	2	1
0	1	3	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
2	2	0	1	2	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0
1	0	2	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	2
0	0	2	2	1	1	1	1	0	2	3	0	2	2	0
0	1	1	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0
2	1	1	1	0										

Tabela 13 – Ritmo médio de saída

1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	2	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	4	1	2	0	0	2	0	1	0	2	1
0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
2	0	0	0	1	1	6	1	0	3	1	0	1	2	1
3	1	2	0	0	1	0	0	2	0	0	3	0	0	1
0	0	0	0	1										

Figura 14 – Gráfico da quantidade de carros no estacionamento



A partir desses dados descobre-se que:

- 60 alunos ocuparam vaga apenas na primeira aula (100 minutos);
- 52 alunos ocuparam vaga apenas na segunda aula (100 minutos);
- 108 alunos ocuparam vaga nas duas aulas (200 minutos).

A média ponderada para encontrarmos o tempo médio de atendimento (TA) é 149,09 minutos/aluno.

Calcula-se agora o ritmo médio de chegadas ( $\lambda$ ) dos alunos:

$$\lambda = \frac{\text{número total de alunos}}{\text{intervalo máximo de atendimento}} = \frac{(60 + 52 + 108)}{200} = 1,1 \quad (10)$$

Em seguida foi calculado o ritmo médio de atendimento:

$$\mu = \frac{1}{\text{TA}} = \frac{1}{149,09} = 0,0067 \quad (11)$$

Com esses valores, calcula-se o número de vagas necessárias para atender a demanda:

$$NA = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1,1}{0,0067} = 164,18 \quad (7)$$

Para esse dia de pesquisa são necessárias 165 vagas para atender a demanda da faculdade. Agora podemos calcular a taxa de utilização ( $\rho$ ) para as vagas oficiais ( $\rho O$ ) e totais ( $\rho T$ ).

$$\rho O = \frac{\lambda}{\text{co.}\mu} = \frac{1,1}{112.0,0067} = 1,46 \text{ NÃO OK} \quad (12)$$

$$\rho T = \frac{\lambda}{\text{ct.}\mu} = \frac{1,1}{181.0,0067} = 0,907 \text{ OK} \quad (13)$$

### 4.3 PROJEÇÃO FUTURA

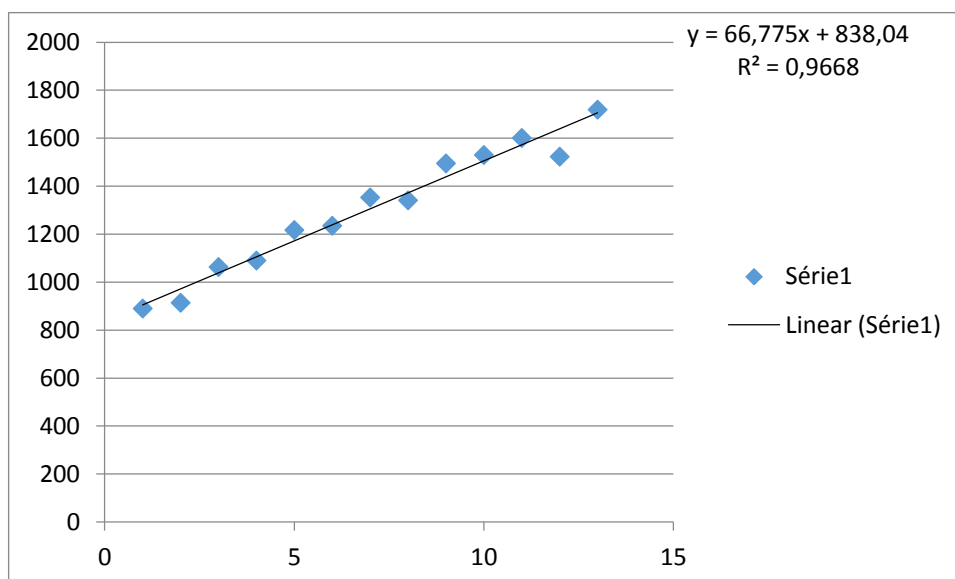
A poucos meses foi concluído a construção de um novo prédio na faculdade de engenharia, porém ele ainda não está liberado para que seja ministrado aulas. A ideia desse novo prédio não é trazer novos cursos para a escola, e sim não precisar utilizar outros centros de aulas da UFG para os alunos de engenharia civil, elétrica, mecânica, ambiental e da computação. Fato que ocorre nos dias de hoje, onde alguns alunos tem que se deslocar até outro Campus para assistir aulas de algumas disciplinas.

Portanto, em relação a projeção futura, basta analisar os dados dos alunos dos cursos presentes hoje na Escola de Engenharia, e a partir dela fazer uma projeção para o futuro.

Para fazer essa análise, foi feita uma projeção linear com os dados dos números dos alunos, de acordo com o crescimento dos mesmos nos últimos anos. Foram usados apenas os dados a partir de 2009/1, que foram os dados obtidos na pesquisa das secretarias dos cursos.

Foram usados os dados do total de alunos da Tabela 7 e foi feito um gráfico a partir dela (Figura 15):

Figura 15 – Gráfico de projeção futura do número de alunos na faculdade



No eixo “y” está marcando o número de alunos em cada semestre, e no eixo “x” os anos (a partir de 2009/1). Com a fórmula encontrada através do gráfico, foi feita uma



previsão para 10 anos, portanto joga-se o valor de 33 no “x”, pois são 10 anos a partir do último dado, que no caso é o ano 2009/1, para encontrarmos a projeção futura do número de alunos.

$$y = 66,775 \times 33 + 838,04 = 3041,615$$

Portanto o número de alunos previsto para daqui a 10 anos na faculdade a partir de 2015 é de 3042 alunos.

Levando-se em consideração as mesmas premissas utilizadas neste trabalho, e substituindo a população da escola atual de 1719 alunos, pela futura prevista de 3042 alunos, chegamos a conclusão que serão necessárias 310 vagas para atender a demanda futura.

#### **4.4 ANÁLISE DO RESULTADO**

Após a realização da pesquisa de campo e de realizar as contas, o resultado obtido no primeiro dia de pesquisa foi que são necessárias 175 vagas para suprir a demanda da faculdade. Já no segundo dia de pesquisa o resultado foi de 164 vagas para atender a demanda.

Visando o objetivo do trabalho que é analisar o número de vagas necessárias para atender a demanda, considera-se o dia do pior caso, ou seja, são necessárias 175 vagas para atender a demanda de carros na escola de engenharia.

## **CAPÍTULO V – CONCLUSÕES**

Com os dados em mãos, aplicou-se a teoria das filas para obter os resultados e descobrir se o estacionamento da escola de engenharia civil da universidade federal de Goiás está bem dimensionado. A teoria das filas é um ótimo método para se aplicar em diversas situações onde necessita-se determinar um número de atendentes suficientes capazes de atender a demanda. Houve dificuldade para se conseguir os parâmetros necessários para os cálculos da teoria. O principal foi na obtenção do tempo de atendimento (TA), onde teve que se adotar um critério como foi explicado na metodologia para obtê-lo. Porém depois de resolvido esse problema, teve-se capacidade de aplicar o método perfeitamente.

Ao avaliar o resultado, percebe-se que a nossa hipótese está correta o estacionamento não está dimensionado da maneira certa. A pesquisa realizada foi calculado que precisava de 175 vagas para atender a demanda da faculdade, e na escola de engenharia tem apenas 112 vagas oficiais. Porém, tem muitos espaços que poderiam ser aproveitados como vagas oficiais, e os alunos utilizam esses espaços como vagas para estacionar os seus carros. Somando essas vagas oficiais e as não oficiais, o número de vagas sobe para 181, fazendo, assim, com que a demanda da faculdade seja atendida de forma não ideal.

Algumas limitações foram observadas na pesquisa realizada, que podem afetar nos resultados. A mais marcante foi no processo de aplicação do questionário com os alunos, pois as aulas dos cursos de engenharia não são realizadas apenas na escola de engenharia, são realizadas também no centro de aulas D e no campus Samambaia, porém, ao responder o questionário, alguns dos alunos não colocaram os horários que estavam apenas na escola de engenharia, e sim a sua grade, ou seja, ele podia estar tanto na escola de engenharia, quanto no centro de aulas D ou no campus Samambaia.

A Escola de Engenharia da Universidade Federal de Goiás está passando por um processo de ampliação, um prédio novo foi construído e planeja-se que 100% da grade de aulas dos alunos dos cursos de engenharia civil, elétrica, mecânica, ambiental e da computação sejam na escola. Portanto futuramente, quando isso ocorrer, o estacionamento da escola ficará mais defasado, e apenas pintar as vagas não oficiais utilizadas pelos alunos não será mais uma solução. Essa situação deve ser estudada e analisada pelos gestores da escola para que seja tomada alguma providência em relação ao futuro déficit de vagas.

Através desse trabalho realizado, algumas sugestões podem ser feitas para trabalhos futuros. Uma sugestão seria a proposta de um novo layout para o estacionamento destinado a alunos da escola de engenharia, com a marcação de todas as vagas para que assim se possa ter um estacionamento organizado. Além disso, deve-se levar em consideração para esse novo layout a projeção futura de 310 vagas, considerando possíveis ampliações do estacionamento da escola. Essa proposta deve ser também uma preocupação futura para os gestores da escola.

## Referências

- Almeida, Cristiano: **Transporte e mobilidade urbana I**. Notas de aula.
- Brasil, Estatuto do Idoso, **LEI N°10741**. Brasília, 2003.
- César Pedot, Lauro: **Parada e estacionamento de veículo: qual a diferença?** Disponível em: <<http://abordagempolicial.com/>> Acesso em: out. 2014.
- Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, **Polos Geradores e Certidão de Diretrizes**, Informações Gerais, Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/>> Acesso em: out. 2014.
- Cajado, Luciano. **Teoria das filas**. 61 páginas. 2004. Graduação, Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Informática.
- DENATRAN/Fundação Getúlio Vargas, **Manual de procedimentos para o tratamento de pólos geradores de tráfego**, Brasília: DENATRAN, 2001. 84 p.
- Distrito Federal, **LEI COMPLEMENTAR N°370**. Distrito Federal, 2001, 23p.
- Ernst & Young: **Deficit de vagas de estacionamento em São Paulo é a segundo maior do mundo**. Disponível em: <<http://www.maxpressnet.com.br>> Acesso em: Nov.2014
- Florianópolis, **LEI COMPLEMENTAR N.482**. Florianópolis, 2014, 110p.
- Goiânia. **LEIN°8.617**. Goiânia, 2008, 61p.
- Kneib, E, C., P. W. G. TACO e P. C. M. SILVA: **Análise de Impactos de Pólos Geradores de Viagens na Mobilidade Utilizando o Método de Análise Hierárquica**. 10 páginas. 2007. 16° Congresso de Transporte e Trânsito – ANTP.Macéio, AL.
- Lindau, LuisAntonio: **Mobilidade Urbana**. Disponível em: <<http://embarqbrasil.org/>> Acesso em: out. 2014.
- Melo, João Eduardo: **Estacionamento privado ou público: Como diferenciar?** Disponível em: <[www.transitoweb.com.br](http://www.transitoweb.com.br)> Acesso em: out. 2014.
- Ministério das Cidades/Secretária Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana: **PlanMob – Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana** – Ministério das Cidades, Brasília, 2007. 184 p.
- Mota, Bruna: **Mobilidade Urbana**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/>> Acesso em: out. 2014.
- Prado, Darci Santos do: **Teoria das filas e da simulação**. 5ª edição. Editora FALCONI, 2014.
- SANTOS, Glauber Eduardo de Oliveira. *Cálculo amostral*: calculadora on-line. Disponível em: <<http://www.calculoamostral.vai.la>>. Acesso em: mar. 2015.

SeMob: Secretaria Nacional de Transporte e Mobilidade Urbana, **Caderno de referência para elaboração de plano de mobilidade urbana**, Acesso em: Nov. 2014.

Widmer, João Alexandre. **Contribuição à análise de problemas de filas e estoques nos transportes**. São Carlos, 1989.

## Anexo 1

## PESQUISA

Qual seu principal meio de transporte até a Faculdade?

a)  Carro particular

b)  Moto particular

c)  Transporte público

d)  Outro, qual? \_\_\_\_\_

Se tiver optado pelas alternativas A ou B na questão acima, continue respondendo o questionário:

Você sente dificuldades para conseguir vagas no estacionamento para alunos na Faculdade?

a)  Sempre

b)  Às vezes

c)  Nunca

3- Marque com um "X" nos horários que normalmente está na Faculdade durante a semana:

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:00 – 09:00					
09:00 – 11:00					
11:00 – 13:00					
13:00 – 15:00					
15:00 – 17:00					
17:00 – 19:00					
19:00 – 21:00					
21:00 – 23:00					