

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DO NÍVEL DE SERVIÇO EM PRAÇAS DE PEDÁGIO Seção: Infra-Estrutura em Rodovias, Vias Urbanas e Ciclovias



BRUNO SANTANA DE FARIA
Mestrando em Engenharia de Transportes
Instituto Militar de Engenharia
Rio de Janeiro/Brasil



VÂNIA BARCELLOS GOUVÊA CAMPOS
Doutora em Engenharia de Produção
Instituto Militar de Engenharia
Rio de Janeiro/Brasil

RESUMO

A cobrança de pedágio no Brasil foi formalmente instituída na Constituição Federal de 1946 como taxa (ou tributo) com a criação do selo pedágio. Atualmente, o pedágio no Brasil está relacionado ao início da desestatização da malha rodoviária. Na primeira etapa do programa de concessões federais, que se iniciou em 1995, cerca de 1500 km de rodovias federais foram concedidos à iniciativa privada. Com a segunda etapa do programa, este número tende a aumentar significativamente, já que serão concedidos 2600 km de rodovias federais. Com isto, serão 196 praças de pedágio em operação. Diante desta perspectiva, evidencia-se a necessidade de estudos que contribuam para um aprimoramento da avaliação do nível de serviço das praças de pedágio visando a um melhor atendimento ao usuário e, conseqüentemente, subsidiar a definição de suas características físicas e operacionais para chegar a um bom nível de serviço. Neste trabalho apresentam-se procedimentos para avaliação do nível de serviço em praças de pedágio. Inicialmente, são apresentadas as diferentes características de uma praça que têm influência sobre a sua operação e, posteriormente, são apresentados alguns procedimentos de análise. Buscou-se como exemplo no Brasil o procedimento utilizado pela ARTESP e três outros procedimentos utilizados no exterior, sendo um deles tendo baseado na metodologia do HCM para avaliar o nível de serviço em vias urbanas.

PALAVRAS-CHAVE: praças de pedágio, nível de serviço, avaliação.

ABSTRACT

Toll charge in Brazil was formally established at the Federal Constitution of 1946 as a tax (or tribute) with the "toll-stamp" creation. Nowadays, toll in Brazil is related with the beginning of the concession of federal and state highways. On the first stage of the federal highway concession program, started in 1995, about 1500km of federal highways were conceded to private companies. With the second stage of the program, this number will increase significantly, since 2600km of federal highways will be conceded. With this, there will be 196 toll plazas in operation.

01-60R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

Consequently, it is important to develop studies that may contribute to an improvement of toll plaza level-of-service analysis, aiming to a better attendance to highway users, and consequently, subsidize the definition of their physical and operational features to become into a desirable level-of-service. Initially, different features that influence toll plaza operation are shown and, later, some analysis procedures are presented. In Brazil, ARTESP procedure is quoted. In addition, three foreign procedures are presented, one of them based on the HCM analysis to evaluate the level-of-service in urban ways.

KEY WORDS: *toll plaza, level-of-service, evaluation.*

01-60R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

INTRODUÇÃO

A falta de recursos do governo para investimentos em infra-estrutura de transportes tem levado a uma situação em que a única possibilidade de se promover investimentos a longo prazo em rodovias é concedendo o direito de exploração à iniciativa privada (SCHMITZ, 2001). Nessa concessão, onde estão incluídos os serviços de recuperação, monitoração, melhoramento, manutenção, conservação, operação e exploração das rodovias, os usuários passaram a assumir o ônus que habitualmente era suportado pelo Estado. Esse ônus é pago através das tarifas de pedágio (VASCONCELOS, 2004).

A prática do pedágio remonta à Antigüidade. Existem relatos da cobrança de pedágio no século IV a.C. para utilização das vias que ligavam a Síria à Babilônia (MACHADO, 2002 *apud* VASCONCELOS, 2004).

Na América do Sul, os incas cobravam pedágio dos viajantes nas estradas entre a atual Colômbia e o Chile, cruzando a Cordilheira dos Andes (SENN, 1998).

No Brasil, a cobrança de pedágio foi formalmente instituída na Constituição Federal de 1946 como taxa (ou tributo), o que gerou diversas polêmicas e arguições quando da criação do selo pedágio. Recentemente, o pedágio passou a ser considerado um preço público, o que justifica sua cobrança por concessionárias privadas e elimina as discussões sobre bitributação e inconstitucionalidade. Atualmente, o pedágio no Brasil está relacionado ao início da desestatização da malha viária (VASCONCELOS, 2004).

Na primeira etapa do programa de concessões federais, que se iniciou em 1995, cerca de 1500 km de rodovias federais foram concedidos à iniciativa privada (ANTT, 2006a). Além das rodovias federais, mais de 8300 km de rodovias estaduais também sofreram um processo de licitação para concessão durante o período cerca de 20 anos (ABCR, 2005). Existem hoje em operação nas rodovias brasileiras mais de 160 praças de pedágio: algumas com cobrança bidirecional; outras, com cobrança unidirecional.

Com a segunda etapa do programa de concessões federais, este número tende a aumentar significativamente, já que serão concedidos 2600 km de rodovias federais. Estima-se que serão construídas 36 praças de pedágio na nova malha concedida (ANTT, 2006b).

Diante desta perspectiva, evidencia-se a necessidade de estudos que contribuam para um aprimoramento da avaliação do nível de serviço das mesmas visando a um melhor atendimento ao usuário.

CARACTERÍSTICAS DAS PRAÇAS DE PEDÁGIO

As praças de pedágio se diferenciam em função das características de sua operação que incluem a forma de cobrança, a localização dentro do sistema viário e do próprio layout. A seguir são descritas estas características e condicionantes operacionais.

Métodos de cobrança

Existem três tipos de cobrança de pedágio: manual, automática e eletrônica. A escolha da forma de pagamento por parte do usuário depende, dentre outros fatores, da frequência em que é utilizada a rodovia. Em trabalho desenvolvido por SCHAUFLEER (1997), são listados os seguintes métodos de cobrança:

01-60R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

- Coleta manual: requer um arrecadador na cabine e, em algumas situações excepcionais, um arrecadador volante. De acordo com a classificação do veículo, uma determinada tarifa é cobrada. O arrecadador recebe, além do pagamento em espécie, cupons comprados dos arrecadadores volantes e vale-pedágio, sendo este usualmente utilizado por caminhões.
- Coleta automática: não se tem relatos sobre a utilização de coleta automática em praças de pedágio no Brasil. Este tipo de arrecadação consiste no pagamento da tarifa em máquinas automáticas de moedas. O usuário se aproxima da cabine e, em vez de interagir com o arrecadador, insere quantas moedas sejam necessárias para efetuar o pagamento. As moedas são separadas pelo seu peso e suas dimensões (diâmetro e espessura). Algumas máquinas mais modernas também aceitam o pagamento com cédulas e fornecem troco se for o caso. Dependendo do valor da tarifa, a máquina de moedas pode ter um rendimento menor do que uma cabine com arrecadação manual. Isso é devido ao fato de alguns valores requererem uma quantidade maior de moedas a ser inserida na máquina.
- Coleta eletrônica: A coleta eletrônica é um sistema em que uma antena identifica o veículo equipado com uma etiqueta ou com um *transponder* quando este se aproxima da praça. Desta forma, o sistema debita o valor da tarifa correspondente ao veículo. A cobrança eletrônica de pedágio aumenta a capacidade de atendimento da praça, já que os veículos não precisam parar para efetuar o pagamento.

KLODZINSKI & AL-DEEK (2002) estimam que a taxa de atendimento nas cabines de cobrança manual seja de 400 veículos por hora, ao passo que na cobrança eletrônica esse valor pode aumentar para até 1800 veículos por hora. Para a cobrança automática, ou seja, a feita com máquinas automáticas de moedas, a taxa de atendimento é de 500 veículos por hora.

Características de Localização

De acordo com RASTORFER Jr. (2004), em função da sua localização no sistema viário existem dois tipos de praças de pedágio: o tipo “de bloqueio” e o tipo “barreira”. No pedágio de bloqueio, os motoristas recebem um ticket nos pontos de entrada da rodovia, e efetuam o pagamento da tarifa nos pontos de saída. O ticket identifica a extensão do trecho percorrido, que é utilizada para a cobrança da tarifa em conjunto com a classificação do veículo. Geralmente, essas rodovias são “fechadas”, ou seja, todos os passageiros pagam algum valor de tarifa.

No pedágio de barreira, a tarifa é cobrada somente em função da classificação do veículo. Podem ser “abertos” ou “fechados”. São “fechados” quando há praças principais ao longo da rodovia, e quando há, também, cabines nas rampas de acesso à rodovia de tal forma que todos paguem a tarifa. Nos sistemas abertos, alguns usuários trafegam gratuitamente pela rodovia entre alguns acessos.

Pedágios de bloqueio:

Os pedágios de bloqueio se dividem em duas categorias: sistema de tíquete e sistema em espécie. No sistema de tíquete, todos os pontos de cobrança de tarifa nos pedágios de acesso estão ou no final da rodovia, ou nas interseções com outras vias. Nas cabines de entrada, o processo pode ser automatizado utilizando máquinas similares às utilizadas em estacionamentos de supermercados e *shopping centers*. No entanto, como a tarifa varia de acordo com a categoria do veículo, não é possível automatizar a coleta na saída. Desta forma, o atendimento deve ser manual.

No sistema em espécie, o usuário efetua o pagamento da tarifa na entrada e/ou na saída do sistema, depende das configurações das praças e do trajeto a ser percorrido. Além disso, nessa modalidade de cobrança, também existem praças localizadas ao longo da rodovia.

01-60R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

O sistema de pedágio nos acessos possui os seguintes objetivos:

- Todos os usuários pagam algum valor de tarifa;
- A arrecadação é maximizada;
- Assegurar que os usuários pagarão um valor de tarifa proporcional à distância percorrida.

Pedágio de barreira:

No pedágio de barreira os usuários pagam a tarifa em praças localizadas ao longo da rodovia, e não nos acessos, como nos pedágios descritos no item anterior. Nessa configuração, não são instaladas cabines nas interseções com outras vias. É importante ressaltar que nesse tipo de pedágio, não é considerada a distância percorrida pelo usuário no sistema e que nem todos os usuários pagam algum tipo de tarifa.

O pedágio de barreira é usado nas seguintes situações:

- Implantar pedágios em uma rodovia já existente;
- Coletar a tarifa de usuários que percorrem longas distâncias, que por sua vez, subsidiam usuários das regiões próximas às áreas urbanas, já que estes não pagam o pedágio;
- Minimizar custos de implementação e operação do sistema de cobrança de pedágio.

Layout

O layout de uma praça de pedágio diz respeito basicamente a duas regiões específicas: a zona de aproximação e a zona de afastamento. SMITH (2006), em um estudo sobre o estado-da-arte das praças de pedágio em rodovias norte-americanas, explica cada uma dessas regiões.

Zona de aproximação:

A zona de aproximação de uma praça de pedágio convencional é a área localizada antes das cabines de cobrança. Faz parte desta zona uma área de transição onde o pavimento sofre um alargamento da largura padrão da rodovia até uma largura suficiente para abrigar o número suficiente de cabines de cobrança; e uma região com largura constante próxima às cabines.

Se a praça possui faixas expressas segregadas, a transição na zona de aproximação se inicia onde as faixas convencionais se separam das faixas expressas.

Este é um local crítico que certamente influencia no nível de serviço de uma praça de pedágio, já que em algum ponto os veículos precisam parar, ou porque chegaram à cabine, ou porque chegaram ao fim da fila. A extensão dessa zona de aproximação deve ser grande o suficiente para que, nas ocasiões de grandes congestionamentos, os comprimentos das filas não se excedam e alcancem a região da rodovia onde a rodovia possui o número normal de faixas.

Zona de afastamento:

Após as cabines de cobrança, a rodovia precisa voltar à sua largura original. Esta região onde o número de faixas, que é igual ao número de cabines, diminui para que fique apenas o número normal de faixas também é um ponto crucial no que diz respeito ao nível de serviço. O modo pelo qual essa transição ocorre varia de acordo com a rodovia.

A área de afastamento inclui a área de recuperação, que é uma área de largura constante usada para que os motoristas possam acelerar seus veículos sem que haja interferência de veículos em outras faixas; e a área de transição onde o pavimento volta à largura original. Essa transição é mais complicada quando as faixas expressas são segregadas, já que os veículos não param para efetuar o pagamento. Neste caso, a zona de partida se comporta como uma faixa de aceleração e deve ser projetada como uma interseção rodoviária.

Às vezes algumas faixas desaparecem abruptamente, fazendo com que os motoristas precisem de um cuidado extra para que não haja choques com veículos de outras faixas; em outros

01-60R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

casos, essa região é longa o suficiente para que os veículos possam atingir a velocidade diretriz sem maiores problemas.

Existem diferentes padrões de junção de faixas em uma área de afastamento. Com muitas faixas convergindo para uma faixa em um único ponto, tantos veículos quantas forem as faixas podem interferir entre si neste ponto. Para amenizar este problema, as faixas são agrupadas aos pares.

Uma forma bastante comum é iniciar a junção da faixa mais à direita (ou mais à esquerda) e diminuir até que se atinja o número desejado de faixas. Esta forma é vantajosa para os usuários que ocupam as faixas onde não há junções, no entanto, os motoristas que estão do outro lado precisarão fazer várias junções até o fim da área de afastamento da praça.

Existe uma forma “equilibrada” de se fazer esta junção, onde as faixas se juntam dos dois lados da rodovia.

PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE NÍVEL DE SERVIÇO

A análise do nível de serviço em qualquer sistema de transporte se faz cada vez mais necessária na medida em que este fator serve para melhorar o desempenho do sistema, avaliar mudanças implantadas e ainda fiscalizar a sua operação. No Brasil, existe uma preocupação em relação ao desempenho de praças de pedágio principalmente por estas, hoje, fazerem parte de um sistema concessionado e que precisa ser fiscalizado visando o bom atendimento ao usuário. Como subsídio a uma análise do nível de serviço em praças de pedágio desenvolveu-se um estudo de procedimentos utilizados no Brasil e no exterior. São, então, apresentadas a seguir as metodologias utilizadas pela ARTESP em São Paulo, e as desenvolvidas por LIN & SU (1994), GULEWICZ & DANKO (1994) e KLODZINSKI & AL-DEEK (2002) em diferentes países.

METODOLOGIA DA ARTESP

Atualmente no estado de São Paulo existem 12 lotes de rodovias concedidos à iniciativa privada sob responsabilidade da Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP). São eles:

- Lote 01 – AutoBAN: SP330, SP348 e SP300
- Lote 03 – Tebe: SP326, SP351 e SP323
- Lote 05 – Vianorte: SP325/322, SP330, SP322 e SP328
- Lote 06 – Intervias: SP330, SP147, SP352, SP191, SP215, SP157/340 e SP165/330
- Lote 08 – Centrovias: SP310 e SP225
- Lote 09 - Triângulo do Sol: SP310, SP326 e SP333
- Lote 10 – Autovias: SP330, SP334, SP255, SP345 e SP318
- Lote 11 – Renovias: SP340, SP342, SP350, SP215 e SP344
- Lote 12 – Viaoeste: SP270, SP280 e SP075
- Lote 13 - Rodovias das Colinas: SP075, SP300, SP280 e SP127
- Lote 20 – SPVias: SP280, SP270, SP127, SP255 e SP258
- Lote 22 – Ecovias: SP150, SP160, SP055, SP041 e SP059

A ARTESP, em seus editais de concessão, estabelece um critério de análise da operação das praças de pedágio para cada tipo de lote que serve para avaliar se a mesma está operando de forma adequada ou não, para tanto considera que:

01-60R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

“Os recursos materiais e humanos deverão ser dimensionados, em função do tráfego previsto, de modo a atender um padrão mínimo de serviço expresso pelos seguintes indicadores:

a) Tempo de cobrança de tarifa, necessário à operação manual e automática de cobrança de tarifa pelo arrecadador ou equipamento específico, contado entre o instante da chegada do usuário a cabina e sua liberação através do semáforo:

- Para os lotes 1, 3, 5, 11 e 12 – Máximo de 12 (doze) segundos, em 85% dos casos considerados para fins de fiscalização. Nos 15% restantes o tempo não deverá exceder a 1 (um) minuto.
- Para os lotes 6, 8, 9, 10, 13, 20 e 22 – Máximo de 12 (doze) segundos, em 85% dos casos considerados para fins de fiscalização. Nos 15% restantes o tempo não deverá exceder à média de 1 (um) minuto.”

A diferença, neste caso, está no uso da média nos 15% dos casos fiscalizados. Esta medida é mais tolerante para a concessionária. Os critérios continuam da seguinte forma:

“b) Tempo de espera na fila, contado entre a chegada de um veículo à praça de pedágio e o seu posicionamento junto à cabine de cobrança.

- Para todos os lotes 1, 3, 5, 11 e 12 – Não superior a 1 (um) minuto em 85% da fiscalização efetuada. Nos 15% restantes o tempo não deverá exceder a 5 (cinco) minutos, no primeiro ano de operação, e 3 (três) minutos, nos anos subsequentes.
- Para os lotes 6, 8, 9, 10, 13 e 20 – Não superior a 1 (um) minuto em 85% da fiscalização efetuada. Nos 15% restantes o tempo não deverá exceder a média de 5 (cinco) minutos, no primeiro ano de operação, e a média de 3 (três) minutos, nos anos subsequentes.
- Para o lote 22 – Não superior a 1 (um) minuto em 85% da fiscalização efetuada. Nos 10% restantes o tempo não deverá exceder a média de 10 (cinco) minutos, do primeiro ao quinto ano de operação, e a média de 5 (cinco) minutos, nos anos subsequentes.”

Outra vez é utilizada a média como critério para alguns lotes de concessão. O lote 22 possui uma escala diferenciada no tempo de espera na fila devido ao fato de, nos feriados prolongados, o sistema Anchieta-Imigrantes (operado pela concessionária Ecovias) receber cerca de 700 mil veículos considerando a “subida” e a “descida” da Serra do Mar.

A Tabela 1 a seguir resume essas condições.

Indicadores Operacionais de Níveis de Serviço (Conforme Editais) Pedágio (24 h por dia)	
Tempo de Cobrança da Tarifa Lotes: 1, 3, 5, 11 e 12 ≤ 12 seg. - 85% casos considerados p/ fins de fiscalização ≤ 1 min. - 15% casos considerados p/ fins de fiscalização	Tempo de Espera na Fila Lotes: 1, 3, 5, 11, 12 ≤ 1 min. - 85% fiscalizações efetuadas ≤ 5 min. - 15% fiscalizações efetuadas (Ano 1) ≤ 3 min. - 15% fiscalizações efetuadas (Anos 2 - 20)
Lotes: 6, 8, 9, 10, 13, 20 e 22 ≤ 12 seg. - 85% casos considerados p/ fins de fiscalização ≤ média 1 min. - 15% casos considerados p/ fins de fiscalização	Lotes: 6, 8, 9, 10, 13 e 20 ≤ 1 min. - 85% fiscalizações efetuadas ≤ média 5 min. - 15% fiscalizações efetuadas (Ano 1) ≤ média 3 min. - 15% fiscalizações efetuadas (Anos 2 - 20)
	Lote: 22 ≤ 1 min. - 90% fiscalizações efetuadas ≤ média 10 min. - 10% fiscalizações efetuadas (Anos 1 - 5) ≤ média 5 min. - 10% fiscalizações efetuadas (Anos 6 - 20)

Tabela 1: Indicadores operacionais de nível de serviço em praças de pedágio (ARTESP)

01-60R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

Metodologia de LIN & SU (1994):

A metodologia desenvolvida por LIN & SU teve como objetivo avaliar o nível de serviço nas praças de pedágio da *Chung-San Freeway*, em Taiwan.

A arrecadação do pedágio na *Chung-San Freeway* é totalmente manual. As cabines são divididas em quatro tipos: veículos pequenos com dinheiro exato ou cupons pré-pagos; veículos pequenos que necessitam de troco; caminhões; e trailers e ônibus.

Neste trabalho foi utilizado um modelo de simulação denominado *toll-plaza simulation model* (TPS). Este modelo possui oito módulos principais: entrada de dados, chegada, ordem de atendimento, escolha de faixa, hora de chegada, hora de saída, afastamento e resultados. O módulo entrada define as características da praça e permite que se controle a simulação. O módulo chegada gera chegadas aleatórias à praça de pedágio de acordo com uma distribuição exponencial. O módulo ordem de atendimento determina qual veículo deve ser processado primeiro. Para processar um veículo, o módulo escolha de faixa é primeiramente usado para determinar qual a cabine que será utilizada pelo veículo. Essa escolha simula o comportamento do usuário. O módulo hora de chegada é então usado para determinar quando o veículo entra no sistema. Para veículos que não esperam em uma fila, o horário de chegada é considerado quando este chega à cabine. Para veículos que chegam ao sistema e ficam em uma fila, a hora de chegada é exatamente a hora em que o veículo chega ao final da fila. O módulo hora de saída determina o tempo de atendimento segundo uma distribuição de probabilidade e estima a hora em que o veículo deixa a cabine. No módulo afastamento a hora de saída do sistema pode ser mudada se a área de afastamento da praça de pedágio estiver congestionada. Este módulo também simula possíveis filas para a entrada no trecho da rodovia após a praça de pedágio. Como resultados, o modelo apresenta medidas de eficiência específicas de cada cabine, a relação volume/capacidade dos veículos que saem das cabines de cobrança, e a velocidade dos veículos na praça. O modelo também avisa quando as filas atingem um tamanho maior do que o da zona de aproximação da praça. As medidas de eficiência incluem atraso médio na aproximação, tempo médio no sistema, tamanho médio das filas, e tamanho máximo das filas.

O tamanho médio das filas e o tempo médio no sistema foram as medidas de eficiência escolhidas para avaliar a operação da praça. O tamanho da fila é talvez a medida de eficiência mais perceptível sob o ponto de vista do usuário, principalmente quando o congestionamento é grande. Além disso, essa é uma medida que pode ser facilmente quantificada. A relação volume/capacidade (V/C) também foi sugerida para classificar o nível de serviço nas praças de pedágio.

As simulações indicaram que a operação das praças de pedágio são geralmente estáveis enquanto existem até três veículos, em média, em cada fila. Uma operação estável geralmente é associada a um nível de serviço A, B ou C quando se considera uma praça de pedágio. Com isso, foi sugerido que para um nível de serviço C existissem até três veículos em média em cada fila. O nível de serviço B indica uma fila média de até dois veículos, e um nível de serviço A está associado a menos de um veículo, em média, por fila.

Para filas médias maiores que três veículos, a operação da praça pode tornar-se meta-estável ou instável. Inicialmente, em um nível meta-estável, as filas médias ficam entre três e seis veículos. Foi associado, desta forma, um nível de serviço D para esta faixa.

A empresa que administra a *Chung-San Freeway* considera que filas com mais de 10 veículos são altamente indesejáveis. Com isso, o nível de serviço E fica definido para filas médias com mais de seis e menos de 10 veículos.

A Tabela 2 resume a escala de nível de serviço proposta pelos autores:

01-60R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

Nível de serviço	Fila média (veículos)
A	≤ 1
B	$1 < L \leq 2$
C	$2 < L \leq 3$
D	$3 < L \leq 6$
E	$6 < L \leq 10$
F	> 10

Tabela 2: Escala de nível de serviço proposta por LIN & SU (1994)

Metodologia de GULEWICZ & DANKO (1994):

Neste trabalho, os autores desenvolveram um modelo para determinar a quantidade de arrecadadores necessária para que o nível de serviço na praça de pedágio fosse aceitável. Para a validação do modelo, foi utilizada a ponte Outerbrigde Crossing, na cidade de Nova Iorque. A abordagem foi feita considerando os períodos fora do horário de pico, já que nas horas de maior movimento, todas as cabines estão abertas.

Para a coleta de dados, foram definidos os períodos de “alta estação” e “baixa estação”. Foram analisados dados entre os meses de julho de 1991 e junho de 1992.

Foram estabelecidos cenários para dias de semana e finais de semana, e períodos de “alta estação” e de “baixa estação”, gerando, desta forma, quatro cenários diferentes. Para cada cenário foram realizadas contagens de tráfego com intervalos de cinco minutos monitorando o estado de cada pista (aberta ou fechada) e o tamanho da fila.

Os resultados dessa coleta de dados indicam que, em determinadas horas do dia, há um número muito grande de cabines abertas e muito poucos veículos nas filas. Esses intervalos de tempo que foram analisados para a otimização do número de cabines em funcionamento na praça de pedágio. Os horários considerados foram os seguintes: nos períodos de “alta estação” – das 6 às 11 da manhã nos finais de semana (nenhum durante a semana); nos períodos de “baixa estação” – das 4 da tarde à meia-noite durante a semana e das 11 da noite às 11 da manhã nos finais de semana.

A forma como cada usuário escolhe uma determinada fila também foi considerada. Os seguintes hábitos foram observados:

1. A maioria dos motoristas entra em uma fila no mesmo lado da rodovia em que ele estava inicialmente. Por exemplo, se o usuário está na faixa da esquerda, ele escolherá, na praça de pedágio, uma faixa que esteja do lado esquerdo da praça.
2. A maioria dos motoristas, uma vez escolhido o lado da praça, escolhe a faixa com a menor fila.
3. Alguns motoristas entram na faixa com a menor fila, mesmo que exista alguma faixa sem fila. Isso se deve talvez pelo fato de que os usuários não observarem a sinalização acima de cada cabine na praça. Isso causa a falsa impressão de que as faixas vazias estejam fechadas.
4. Uma pequena porcentagem dos motoristas escolhe uma faixa aleatoriamente.

A escala utilizada para a validação do modelo foi a do Highway Capacity Manual, conforme apresenta a Tabela 2. Vale ressaltar que essa escala é relacionada ao nível de serviço em interseções semaforizadas, que são as instalações que mais se aproximam a uma praça de pedágio.

01-60R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

Nível de Serviço	Tempo médio de espera na fila (s)
A	≤ 5
B	≤ 15
C	≤ 25
D	≤ 40
E	≤ 60
F	> 60

Tabela 2: Escala de nível de serviço utilizada por GULEWICZ & DANKO (1994)

Como resultados, em alguns cenários o número de arrecadadores pôde ser reduzido mantendo o nível de serviço entre C e D, que era o objetivo inicial do estudo. Outros cenários, no entanto, apresentaram aumentos significativos nos tamanhos das filas em intervalos localizados. De uma maneira geral, os resultados apresentados indicaram que a otimização do número de cabines abertas fora do horário de pico pode gerar uma grande economia para a empresa que administra a ponte.

Metodologia de KLODZINSKI & AL-DEEK (2002)

Motivados pelo fato de o Highway Capacity Manual não possuir uma escala de nível de serviço aplicada especificamente a praças de pedágio, os autores elaboraram uma escala com base em estudos realizados em praças de pedágio de várias rodovias da Flórida, nos Estados Unidos.

Neste trabalho, foi feita uma contagem classificada entre os anos de 1994 e 2000 durante os horários de pico da manhã e da tarde. Gravações em vídeo forneceram informações como chegadas, saídas e tempo de atendimento.

As variações sazonais foram consideradas na análise, mas se seus efeitos fossem desprezíveis não seria aplicável à metodologia. Era desejável que fossem utilizados dados sob condições normais de operação para que se determinasse uma metodologia válida. O estudo comprovou que 92% da receita era gerada por pessoas que usavam freqüentemente a rodovia.

Um modelo de simulação foi usado para produzir cenários que contribuíssem para a avaliação da metodologia de nível de serviço proposta. O TPSIM é um modelo estocástico orientado a objeto e é usado para eventos discretos.

Os dados de entrada do simulador dizem respeito à geometria da praça e ao tipo de cobrança em cada faixa. As características do tráfego são o volume, a porcentagem de cada tipo de pagamento, a porcentagem de cada tipo de veículo e as distribuições de probabilidade dos tempos de atendimento para cada faixa. As medidas de eficiência geradas pelo modelo incluem o volume na praça, os comprimentos das filas e os tempos de parada.

Para determinar a escala para cada nível de serviço, foi assumido que o nível de serviço mais alto que um usuário poderia usufruir seria não encontrar filas na praça de pedágio. Desta forma, o único tempo perdido seria o tempo necessário para efetuar o pagamento da tarifa. Este seria o nível de serviço "A" da nova metodologia.

O tempo médio no sistema, ou seja, a soma do tempo de espera com o tempo de atendimento, é a medida mais adequada devido às variações de cada cabine. Além disso, cada usuário que não se utiliza de pagamento eletrônico influencia seu próprio atendimento com variações no pagamento da tarifa com diversas quantias de dinheiro, o tempo de reação após o levantamento da cancela, ou, eventualmente, o usuário pode demorar alguns segundos pedindo algum tipo de informação ao arrecadador. Outro fator que influencia o tempo de atendimento é o tipo de veículo, já que os veículos mais pesados possuem taxas de aceleração menores que as de carros de passeio, por exemplo.

01-60R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

As conclusões da pesquisa sugeriram um valor máximo de 14 segundos para o tempo de atendimento em cabines manuais. Desta forma, o nível de serviço “A” é de 14 segundos por veículo, já que neste nível de serviço o usuário não enfrenta fila.

Para os demais níveis de serviço, o mesmo percentual de aumento utilizado no HCM para os níveis subsequentes será aplicado para as praças de pedágio.

A Tabela 3 a seguir explicita a escala proposta:

Nível de Serviço	Tempo médio no sistema(s)
A	≤ 14
B	$14 < W \leq 28$
C	$28 < W \leq 49$
D	$49 < W \leq 77$
E	$77 < W \leq 112$
F	$W > 112$

Tabela 3: Escala de nível de serviço proposta por KLODZINSKI & AL-DEEK (2002)

Conforme se pôde observar, cada uma das metodologias se baseia em critérios diferentes para definir o desempenho de uma praça de pedágio em que pese o seu nível de serviço. LIN & SU (1994) se baseiam no tamanho médio da fila, que é uma medida de desempenho que importa mais à empresa que opera a rodovia do que ao usuário. O tamanho médio das filas é significativo no que diz respeito às obstruções que podem ocorrer nas faixas mais laterais da praça. Já GULEWICZ & DANKO (1994) e KLODZINSKI & AL-DEEK (2002) preferem analisar as praças de pedágio sob a perspectiva do usuário. Ambos os valores, tempo na fila e tempo no sistema, são relevantes para o usuário, e se diferem somente pelo fato de o tempo no sistema ser igual ao tempo na fila somado ao tempo de atendimento. Esta análise caracteriza o tempo total perdido na praça e aparentemente deve melhor definir a qualidade do serviço para o usuário.

A ARTESP tem como parâmetro um limite de tempo de espera na fila. A abordagem da agência é mais estatística, já que não existe uma escala de nível de serviço e os parâmetros de desempenho são avaliados de acordo com amostragem medida nas praças de pedágio das rodovias concessionadas.

CONCLUSÕES

O trabalho apresenta procedimentos de análise de nível de serviço de praças de pedágio tanto de uma via urbana (Outerbridge Crossing) quanto de uma rodovia (Chung-San Freeway). As características do tráfego em uma via urbana são diferentes das características de uma rodovia. Isso deve ser considerado ao se fazer estudos relativos ao nível de serviço em praças de pedágio. Além disso, as rodovias no exterior possuem características diferentes das rodovias no Brasil.

Analisando comparativamente a metodologia da ARTESP com aquela sugerida por GULEWICZ & DANKO (1994), verifica-se que de acordo com o critério da ARTESP as praças de pedágio podem ter 85% de seus usuários atendidos dentro do nível de serviço E, o que dependendo da distribuição do tempo de espera dos usuários significaria um baixo nível de serviço.

Considera-se, portanto, que a partir de um estudo mais abrangente das atuais praças de pedágio no Brasil e também da análise das metodologias existentes que se possa estabelecer uma escala de análise de Nível de Serviço para as características das rodovias concessionadas no Brasil. Desta forma, o serviço seria avaliado de forma mais condizente à realidade do país.

01-60R

CONINFRA — CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

19 A 22 DE JUNHO DE 2007

São Paulo - Brasil

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCR – Associação Brasileira de Concessões de Rodovias. Relatório Anual 2005. Disponível em <<http://www.abcr.org.br/download/relatABCR2005.pdf>>. Visualizado em 18 Nov, 2006.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Concessões rodoviárias – apresentação. Disponível em <<http://www.antt.gov.br/concessaorod/apresentacaorod.asp>>. Visualizado em 12 Nov, 2006 (a).

_____. Concessões rodoviárias: 2ª etapa – apresentação. Disponível em <<http://www.antt.gov.br/relatorios/rodoviario/Novasconcessoes2.ppt>>. Visualizado em 26 Nov, 2006 (b).

ARTESP – Agência Reguladora dos Serviços Delegados de Transporte do Estado de São Paulo. Editais de Concessão. Disponível em <http://www.artesp.sp.gov.br/biblioteca/biblio_editais.asp>. Visualizado em 18 Nov, 2006.

GULEWICZ, V.; DANKO, J. Simulation-based approach to evaluation optimal lane staffing requirements for toll plazas. Transportation Research Board. Washington, EUA. 1994.

KLODZINSKI, J.; AL-DEEK, H. M. Proposed level-of-service methodology for toll plazas. Proceedings for the 81st annual meeting of the Transportation Research Board. Washington, EUA. 2002. Disponível em <http://www.catss.ucf.edu/jack2/PDF_files/LOS-TRB2002.pdf>. Visualizado em 02 Mar, 2007.

LIN, F.; SU, C. Level-of-service analysis of toll plazas on freeway main lines. Journal of Transportation Engineering, v.120, n.2, p.246-263, 1994.

RASTORFER Jr., R. L. Toll plaza concepts. 2004 ASCE Fall Conference. Houston, EUA, 2004.

SCHAUFLEER, A. E. Toll Plaza Design. NCHRP Synthesis of Highway Practice 240. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, EUA, 1997.

SCHMITZ, R. Uma contribuição metodológica para avaliação da tarifa de pedágio em rodovias. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

SENNA, L. A. S. Concessão de rodovias no Rio Grande do Sul – Análise das razões de sua implantação, da visão dos usuários, do custo-benefício e de seu impacto econômico. Laboratório de Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998.

SMITH, R. F. State of practice and recommendations on traffic control strategies at toll plazas. U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration. 2006.

VASCONCELOS, A. S. O equilíbrio econômico-financeiro nas concessões de rodovias federais no Brasil. Monografia. Universidade de Brasília. Brasília, 2004.

01-60R